

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156270

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

G01F 23/22
B41J 2/175
H01L 41/08
H01L 41/09

(21)Application number : 2000-351881

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 17.11.2000

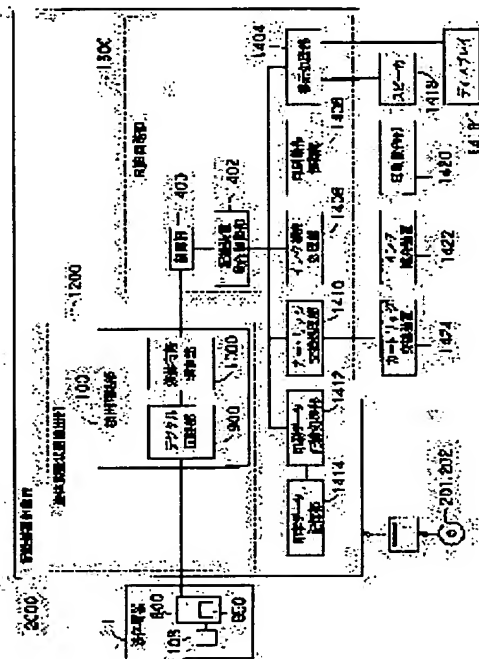
(72)Inventor : TAMURA NOBORU

(54) LIQUID CONSUMPTION STATE DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid consumption state detector capable of suppressing the effect of noise to avoid the erroneous detection of the residual amount of a liquid.

SOLUTION: The liquid consumption state detector is equipped with a vibration part at least partially exposed to a housing space for housing a liquid and vibratory with respect to the housing space and a piezoelectric element capable of vibrating the vibration part on the basis of a drive signal and generating a back electromotive force signal by the vibration of the vibration part. Liquid consumption state detection part detects a liquid consumption state on the basis of the back electromotive force from the piezoelectric element. The liquid consumption state detection part has a digital signal forming circuit part for forming a digital signal on the basis of the back electromotive force signal and a detection circuit part having a clock signal detecting a liquid consumption state on the basis of the digital signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

【特許請求の範囲】

【請求項1】液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、

圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備えた

液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、

デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費状態検出器。

【請求項2】デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍に設けられていて、クロック信号を用いないことを特徴とする請求項1に記載の液体消費状態検出器。

【請求項3】デジタル信号生成回路部は、逆起電力信号に基づいて、逆起電力信号と略同一周波数のパルス信号をデジタル信号として生成するようになっていることを特徴とする請求項1または2に記載の液体消費状態検出器。

【請求項4】デジタル信号生成回路部は、基準電圧を生成する電圧生成部と、逆起電力信号を基準電圧を中心として増幅する増幅部と、

増幅部にて増幅された信号が基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有することを特徴とする請求項3に記載の液体消費状態検出器。

【請求項5】検出回路部は、デジタル信号生成回路部によって生成されたパルス信号に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項3または4に記載の液体消費状態検出器。

【請求項6】検出回路部は、パルス信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項5に記載の液体消費状態検出器。

【請求項7】検出回路部は、パルス信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項5に記載の液体消費状態検出器。

【請求項8】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項9】圧電素子は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されていることを特徴とする請求項8に記載の液体消費状態検出器。

【請求項10】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体容器内面側から見て円形となっていることを特徴とする請求項8または9に記載の液体消費状態検出器。

【請求項11】圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっていることを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項12】液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、請求項1乃至11のいずれかに記載の液体消費状態検出器と、を備えたことを特徴とする液体容器。

【請求項13】液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えたことを特徴とする請求項12に記載の液体容器。

【請求項14】液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を有する液体容器と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、液体容器に接続され、液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備えた

液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費装置。

【請求項15】デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍位置で、液体容器に設置されていることを特徴とする請求項14に記載の液体消費装置。

【請求項16】液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えたことを特徴とする請求項14または15に記載の液体消費装置。

【請求項17】液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を備えたことを特徴とする請求項14または15に記載の液体消費装置。

【請求項18】検出回路部は、制御回路部の近傍に設け

られていて、クロック信号を用いないことを特徴とする請求項16または17に記載の液体消費装置。

【請求項19】請求項1に記載の液体消費状態検出器を制御する制御装置であって、
圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置。

【請求項20】少なくとも1台のコンピュータを含むコンピュータシステムによって実行されて、前記コンピュータシステムに請求項19に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項21】少なくとも1台のコンピュータを含むコンピュータシステム上で動作する第2のプログラムを制御する命令が含まれており、

前記コンピュータシステムによって実行されて、前記第2のプログラムを制御して、前記コンピュータシステムに請求項19に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響インピーダンスの変化を検出することで、とりわけ、共振周波数の変化を検出することで、インク等の液体の消費状態を検知することができる液体消費状態検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インクジェット記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として吐出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドが、キャリッジに搭載されている。

【0003】インクジェット記録装置では、インクタンク内のインクが流路を介して記録ヘッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インクタンクは、例えばインクが消費された時点でユーザが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【0004】従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の吐出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより実際にインクが所定量消費された時点を管理する方法などがある。

【0005】しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法には、次のような問題がある。ヘッドの中には吐出インク滴に重量バラツキを有するものがある。画質には影響を与えないが、累積した場合を考慮して、マージンを持たせてインクカートリッジに充填してある。

従って、個体によっては、マージン分だけインクが余るという問題が生ずる。

【0006】一方、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インクの実量を検出できる。このため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼るので、検出可能なインクの種類が限定されたり、電極のシール構造が複雑化し得る。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるので、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、2本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】特願2000-147052号は、上記の課題を解決すべく、液体残量を正確に検出でき、かつ、複雑なシール構造を不要とした、液体容器に装着される圧電装置及びモジュール体を開示している。また、特願2000-146966号は、そのような圧電装置及びモジュール体に利用され得る検出制御回路を開示している。

【0008】本件発明者は、ノイズの影響が存在する場合、特願2000-146966号による検出制御回路では誤った液体残量検出がなされてしまうということを知見した。

【0009】本発明は、このような点を考慮してなされたものであり、ノイズの影響を抑制して、誤った液体残量検出を回避することができる液体消費状態検出器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費状態検出器である。

【0011】本発明によれば、デジタル信号生成回路部が逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成し、検出回路部は当該デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するため、検出回路部における信号処理はデジタル処理となつて、ノイズによる影響を受けにくい。

【0012】特に、デジタル信号生成回路部が圧電素子の近傍に設けられていて、クロック信号を用いない場合、アナログ信号である逆起電力信号が直ちにデジタル信号に変換され得るため、ノイズによる影響をより一層

受けにくい。

【0013】デジタル信号生成回路部は、例えば、逆起電力信号に基づいて、逆起電力信号と略同一周波数のパルス信号をデジタル信号として生成するようになっている。より具体的には、デジタル信号生成回路部は、基準電圧を生成する電圧生成部と、逆起電力信号を基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。

【0014】あるいは、デジタル信号生成回路部は、第1基準電圧と第1基準電圧より高い第2基準電圧とを生成する電圧生成部と、逆起電力信号を第1基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が第2基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。この場合、駆動信号に基づいて振動部を振動させる前の状態において、比較部の出力がLowで一定であればノイズの影響は小さいと判別し、比較部の出力が一定で無ければノイズの影響は大きいと判別することができる。

【0015】あるいは、デジタル信号生成回路部は、第1基準電圧と第1基準電圧より低い第2基準電圧とを生成する電圧生成部と、逆起電力信号を第1基準電圧を中心として増幅する増幅部と、増幅部にて増幅された信号が第2基準電圧に対してHighであるかLowであるかを比較し、比較結果をパルス信号として出力する比較部と、を有し得る。この場合、駆動信号に基づいて振動部を振動させる前の状態において、比較部の出力がHighで一定であればノイズの影響は小さいと判別し、比較部の出力が一定で無ければノイズの影響は大きいと判別することができる。

【0016】検出回路部は、例えば、デジタル信号生成回路部によって生成されたパルス信号に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。逆起電力信号の周波数は、収容空間内の物質の共振周波数に対応するため、これによって液体消費状態を簡易かつ正確に検出することができる。

【0017】具体的には、検出回路部は、パルス信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0018】あるいは、検出回路部は、パルス信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0019】その他、好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっている。そして、圧電素子は、好ましく

は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されている。

【0020】特に好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体容器内面側から見て円形となっている。

【0021】また、好ましくは、圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっている。

10 【0022】なお、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を備えた液体容器（例えばインクカートリッジ）も、本件の保護対象である。

【0023】この場合、液体容器は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えることが好ましい。

20 【0024】さらに、以上のような特徴を有する液体容器と、液体容器に接続され液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備えた液体消費装置（例えばインクジェット記録装置）も、本件の保護対象である。

30 【0025】あるいは、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を有する液体容器と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、液体容器に接続され、液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備え、液体消費状態検出部は、逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成するデジタル信号生成回路部と、デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するクロック信号を有する検出回路部と、を有することを特徴とする液体消費装置も、本件の保護対象である。

【0026】この場合、デジタル信号生成回路部は、圧電素子の近傍位置で液体容器に設置されていることが好ましい。

40 【0027】また、液体消費装置は、液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えることが好ましい。

【0028】あるいは、液体消費装置は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を更に備えることが好ましい。

50 【0029】さらに、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器を制御する制御装置であって、

圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置も、本件の保護対象である。

【0030】前記の制御装置あるいは制御装置の各要素手段は、コンピュータシステムによって実現され得る。

【0031】また、コンピュータシステムに各装置または各手段を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体も、本件の保護対象である。

【0032】ここで、記録媒体とは、フロッピー（登録商標）ディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態を通じて本発明を詳細に説明する。以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0034】本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。

【0035】振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の具体的な検出方法としてはいくつかの方法が考えられる。例えば、弾性波発生手段により液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。

【0036】音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後、振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法がある。あるいは、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって、液体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化、または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。

【0037】以下、圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細について説明する。図1および図2は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。

【0038】このアクチュエータ106は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数を検出することで音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態

を検出する方法に用いられる。

【0039】図1(A)は、アクチュエータ106の拡大平面図である。図1(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図1(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。さらに図2(A)および図2(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図2(C)および図2(D)は、それぞれインカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図2(E)および図2(F)は、それぞれインカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0040】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面（以下、表面という）に配置される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電氣的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電氣的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され両者を電氣的に結合する補助電極172と、を有する。

【0041】圧電層160、上部電極164および下部電極166は、それぞれの主要部としての円形部分を有する。そして、圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

【0042】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。

【0043】キャビティ162は、開口161と面する振動板176の部分と基板178の開口161とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板178の面（以下、裏面という）は、液体容器内方に面している。これにより、キャビティ162は液体と接触するように構成されている。なお、キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられている。

【0044】下部電極166は、振動板176の表面（液体容器とは反対側の面）に位置している。下部電極166の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とは、ほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。

【0045】一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置（形成）されている。この場合、圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面

積よりも大きくなるように設定されている。

【0046】一方、圧電層160の表面側には、上部電極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置（形成）されている。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0047】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層160は効果的に変形駆動され得る。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分が、アクチュエータ106における圧電素子を形成する。

【0048】上述のように、このような圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうちで、面積が最も大きいのは開口161である。このような構造のために、振動板176のうち実際に振動する振動領域は、開口161によって決定される。

【0049】また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分の各面積が、開口161の面積より小さいことにより、振動板176がより振動しやすくなっている。

【0050】さらに、圧電層160と電気的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部端子166の円形部分が、圧電層160の

うちで圧電効果を発生する部分を決定する。

【0051】圧電素子を形成する圧電層160、上部電極164、及び下部電極166の円形部分は、その中心が、開口部161の中心とほぼ一致している。また、振動板176の振動部分を決定する円形状の開口部161の中心は、アクチュエータ106の全体のほぼ中心に位置している。したがって、アクチュエータ106の振動部の中心は、アクチュエータの中心とほぼ一致する。

【0052】更に、圧電素子の主部及び振動板176の振動部分が、円形な形状を有するので、アクチュエータ106の振動部は、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状である。

【0053】振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、構造の非対称性から生じ得る不要な振動を励起することがない。このため、共振周波数の検出精度が向上する。

【0054】更に、振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、製造が容易であり、圧電素子ごとの形状のばらつきを小さくできる。したがって、圧電素子ごとの共振周波数のばらつきが小

くなる。

【0055】また、振動部が等方的な形状であるので、接着の際に固定のばらつきの影響を受けにくく、液体容器に均等に接着され得る。すなわち、アクチュエータ106の液体容器への実装性がよい。

【0056】更に、振動板176の振動部分が円形な形状を有するので、圧電層160の残留振動の共振モードにおいて、低次、例えば一次の共振モードが支配的となる。すなわち、残留振動の共振モードにおいて、単一のピークが出現する。そのため、ピークとノイズとを、明確に区別することができるので、共振周波数を明確に検出することができる。

【0057】また、円形形状の振動板176の振動部分の面積を大きくすることによって、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の振幅の差が大きくなり、共振周波数の検出の精度を更に向上できる。

【0058】振動板176の振動による変位は、基板178の振動による変位よりもはるかに大きい。すなわち、アクチュエータ106は、コンプライアンスの小さい（振動によって変位しにくい）基板178と、コンプライアンスの大きい（振動によって変位しやすい）振動板176との2層構造を有する。この2層構造によって、基板178によって液体容器に確実に固定されながら、かつ、振動板176の変位を大きくできる。このため、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の振幅の差が大きくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0059】更に、振動板176のコンプライアンスが大きいので、振動の減衰が小さくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0060】また、アクチュエータ106の振動の節は、キャビティ162の外周部、すなわち、開口部161の縁付近に位置する。

【0061】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しい。かりに上部電極164だけで段差を形成することが可能であったとしても、上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまう、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて、上部電極164と上部電極端子168とを接続させている。このようにすることで、圧電層160も上部電極164も補助電極172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることが

でき、また、上部電極 164 と上部電極端子 168 との接続を確実にすることが可能となる。

【0062】なお、圧電素子と振動板 176 のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ 106 において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ 106 に含まれる部材は、互いに焼成されることによって、一体的に形成されていることが好ましい。アクチュエータ 106 を一体的に形成することによって、アクチュエータ 106 の取り扱いが容易になる。

【0063】さらに、基板 178 の強度を高めることによって、振動特性が向上し得る。即ち、基板 178 の強度を高めることによって、アクチュエータ 106 の振動部のみが振動し、アクチュエータ 106 のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ 106 の振動部以外の部分が振動しないためには、基板 178 の強度を高めることに加えて、アクチュエータ 106 の圧電素子を薄くかつ小さくすると共に、振動板 176 を薄くすることも有効である。

【0064】圧電層 160 の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT)、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン (PLZT)、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板 178 の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板 176 には、基板 178 と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0065】上述したように構成されるアクチュエータ 106 は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは、記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器、などに装着することができる。

【0066】図 1 および図 2 に示されるアクチュエータ 106 は、液体容器の所定の場所に、キャビティ 162 が液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ 162 内およびその外側は液体によって満たされている。

【0067】一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ 162 内に液体が存在しない状態となる、あるいは、キャビティ 162 内にもみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

【0068】アクチュエータ 106 は、この状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ 106 は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるか、

を検知することができる。さらに、アクチュエータ 106 は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【0069】ここで、アクチュエータによる液面検出の原理について説明する。媒体の音響インピーダンスの変化を検出するためには、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電圧を印加し、その周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。あるいは、伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電流を供給し、その周波数を変えて媒体の電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化が、音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数 f_m の変化も、音響インピーダンスの変化を示す。

【0070】上記の方法とは別に、アクチュエータ 106 は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を用いて検出することができる。共振周波数は、例えばアクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、検出することができる。この場合、例えば前記のような圧電素子を利用することができる。

【0071】前記の圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する。逆起電力の大きさは、アクチュエータの振動部の振幅によって変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど、検出が容易である。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、アクチュエータの振動部の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0072】共振周波数 f_s を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形を、フーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をとまうので、共振周波数 f_s を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子 (振動部) と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数 f_s を判断する。

【0073】媒体のアドミッタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数 f_m は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数 f_s に対しわずかに異なる。しかし、実測される周波数 f_m から共振周波数 f_s を導出することは手間がかかるため、一般には、周波数 f_m を共振周波数 f_s の代わりに使用する。ここで、アクチュエータ 106 の出力を伝送回路

に入力することで、アクチュエータ 106 は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0074】なお、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定して周波数 f_m を測定する方法と、アクチュエータの振動部における残留振動振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数 f_s を測定する方法と、によって特定される共振周波数には、差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

【0075】アクチュエータ 106 の振動領域は、振動板 176 のうち開口 161 によって決定されるキャビティ 162 を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ 162 内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触している。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0076】本発明のアクチュエータ 106 には、キャビティ 162 が設けられている。これにより、アクチュエータ 106 の振動領域に液体容器内の液体が残るように設計することができる。その理由は次の通りである。

【0077】アクチュエータ 106 の液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけから液体の有無を検出する場合には、このようにアクチュエータの振動領域に付着する液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。

【0078】たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。

【0079】そこで、アクチュエータ 106 では、振動領域に液体が残存している場合であっても液体の有無を正確に検出するようにキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアクチュエータを用いることで、誤動作を防ぐことができる。

【0080】また、図 2 (E) に示すように、液体容器内に液体が無く、アクチュエータ 106 のキャビティ 1

$$f_s = 1 / (2 \times \pi \times (M \times C_{act})^{1/2})$$

で表される。ここで、 M は振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。 C_{act} は振動部のコンプライアンスである。

【0087】図 1 (C) は、本実施例において、キャビティ 162 にインクが残存していないときのアクチュエ

62 に液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ 162 の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ 162 の周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合は、インク有りと判断する。

【0081】例えば、アクチュエータ 106 を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りと判断する。

【0082】このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断することができ、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても（閾値を越えないので）インク無しと判断することができる。

【0083】ここで、図 1 および図 2 を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体とアクチュエータ 106 の振動部との共振周波数から、液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

【0084】アクチュエータ 106 において、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して、それぞれ上部電極 164 および下部電極 166 に電圧を印加する。このため、圧電層 160 のうち、上部電極 164 および下部電極 166 に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層 160 は変形する。圧電層 160 が変形することによって、振動板 176 のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層 160 が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ 106 の振動部に残留する。

【0085】残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層 160 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部の振動であり、圧電層 160 の変形を伴う。このため、圧電層 160 は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できる。この共振周波数に基づいて、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0086】一般に、共振周波数 f_s は、
(式 1)

ータ 106 の断面図である。図 2 (A) および図 2 (B) は、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路である。

【0088】 M_{act} は、振動部の厚さと振動部の密度と

の積を振動部の面積で除したものであり、詳細には、図

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$$

と表される。

【0089】ここで、 M_{pzt} は、振動部における圧電層160の厚さと圧電層160の密度との積を圧電層160の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部における上部電極164の厚さと上部電極164の密度との積を上部電極164の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部における下部電極166の厚さと下部電極166の密度との積を下部電極166の面積で除したものである。 M_{vib} は、振動部における振動板176の厚さと振動板176の密度との積を振動板176の振動領域の面積で除したものである。

【0090】ただし、 M_{act} を振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

【0091】また、本実施例において、圧電層160、上部電極164および下部電極166においては、それ

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib})$$

式2および式3より、図2(A)は、図2(B)のように表すこともできる。

【0093】コンプライアンス C_{act} は、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンス C_{act} は、変形のし易さを表す。

【0094】図2(C)は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図2(C)の M'_{max1} は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス(付加質量(振動領域の振動に影響を及ぼす質量)を面積の2乗で除したもの)の最大値を表す。 M'_{max1} は、 $M'_{max} = (\pi \times \rho / (2 \times k^3)) \times (2 \times (2 \times k \times a)^3 / (3 \times \pi)) / (\pi \times a^2)$ (式4) (a は振動部の半径、 ρ は媒体の密度、 k は波数である。)で表される。

【0095】尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径 a の円形である場合に成立する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、 M'_{max1} は、振動部の半径 a と媒体の密度 ρ とによって、大きく変化する。

【0096】波数 k は、

$$k = 2 \times \pi \times \text{fact} / c$$

(fact は、振動部の共振周波数である。 c は、媒体中を伝播する音響の速度である。)で表される。

2(A)に示すように、

(式2)

らの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ106において、 M_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス C_{act} は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0092】尚、図2(A)、図2(B)、図2(D)、図2(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 C_{act} はアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。 C_{pzt} 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$ および C_{vib} は、それぞれ、振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。 C_{act} は、以下の式3で表される。

(式3)

【0097】図2(D)は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図2(C)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0098】図2(E)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。

【0099】式4は、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度 ρ などから決定される最大のイナータンス M'_{max} を表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合等の付加イナータンス M' は、一般的に、

$$M' = \rho \times t / S$$

(式6)

と表せる(より詳しくは、後述の式8参照)。ここで、 t は振動にかかわる媒体の厚さである。 S は、アクチュエータ106の振動領域の面積である。振動領域が半径 a の円形の場合は、 $S = \pi \times a^2$ である。

【0100】従って、付加イナータンス M' は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周

辺にある液体が気体または真空中に置換された場合には、式6に従う。

【0101】ここで、図2(E)のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンス M' を、便宜的に M'_{cav} とし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス M'_{max} と区別する。

【0102】図2(F)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している図2(E)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0103】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 ρ および媒体の厚さ t である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触する。一方、液体容器内に液体が十分に収容されていない場合は、キャビティ内部に液体が残存するか、もしくは、アクチュエータ106の振動部に気体または真空中が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図2(C)の M'_{max} から図2(E)の M'_{cav} へ移行する過程における付加イナータンス M'_{var} は、液体容器内の液体の収容状態によって媒体の密度 ρ や媒体の厚さ t が変化することによって変化する。これにより、共振周波数 f_s も変化する。従って、共振周波数 f_s を特定することによって、液体容器内の液体の収容状態(有無)を検出することができる。

【0104】ここで、図2(E)に示すように $t=d$ とした場合、式6を用いて M'_{cav} を表すと、式6の t にキャビティの深さ d を代入し、

$$M'_{cav} = \rho \times d / S \quad (式7)$$

となる。

【0105】また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度 ρ が異なるため、付加イナータンス M' 及び共振周波数 f_s が異なる。従って、共振周波数 f_s を特定することで、液体の種類を検出できる。

【0106】図3(A)は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数 f_s を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数 f_s は、上昇する。

【0107】インク容器にインクが十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス M'_{max} は、式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費

され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス M'_{var} は、媒体の厚さ t に基づいて式6によって算出される。式6中の t は、振動にかかわる媒体の厚さであるから、液体が残留するアクチュエータ106のキャビティ162の d (図1(B)参照)を小さく、即ち、基板178を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図2(C)参照)。ここで、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は M'_{max} における t_{ink} とする。

【0108】例えば、アクチュエータ106は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106から $t_{ink-max}$ の高さ以下になると、式6により M'_{var} が徐々に変化し、式1により共振周波数 f_s が徐々に変化する。従って、インクの液面が t の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0109】あるいは、インクカートリッジの側壁に、アクチュエータ106はインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス M' が減少する。これにより、式1により共振周波数 f_s が徐々に増加する。従って、インクの液面がキャビティ162の直径 $2a$ (図2(C)参照)の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0110】図3(A)の曲線Xは、底面に配置されたアクチュエータ106のキャビティ162を十分に浅くした場合や、側壁に配置されたアクチュエータ106の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合の、インクタンク内に収容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が徐々に変化していく様子が理解できる。

【0111】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ106の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ106の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

【0112】例えば、アクチュエータ106をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 t_{ink} が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ106の振動領域の面積 S を

用いて、式4の M'_{\max} 以下になった状態をインクと気

$$M' = M'_{\text{air}} + M'_{\text{ink}} = \rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}} / S + \rho_{\text{ink}} \times t_{\text{ink}} / S \quad (\text{式8})$$

となる。ここで、 M'_{air} は空気のイナータンスであり、 M'_{ink} はインクのイナータンスである。 ρ_{air} は空気の密度であり、 ρ_{ink} はインクの密度である。 t_{air} は振動にかかわる空気の厚さであり、 t_{ink} は振動にかかわるインクの厚さである。

【0113】アクチュエータ106の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面

$$1/M' = 1/M'_{\text{air}} + 1/M'_{\text{ink}} = S_{\text{air}} / (\rho_{\text{air}} \times t_{\text{air}}) + S_{\text{ink}} / (\rho_{\text{ink}} \times t_{\text{ink}})$$

となる。

【0115】尚、式9は、アクチュエータ106のキャ

【0116】アクチュエータ106の振動は、 $t_{\text{ink-max}}$ の深さからインクの残留する深さ（d）まで変化するので、インクの残留する深さが $t_{\text{ink-max}}$ よりわずかに小さい程度でアクチュエータ106が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、 $t_{\text{ink-max}}$ から残留する深さdまでのわずかなインク量変化におけるアクチュエータの振動変化から、インク量が変化したことを検出する。また、側面に配置され、開口部（キャビティ）の径が小さい場合は、開口部を通過する間のアクチュエータの振動変化は微量なので、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面が開口部より上か下かを検出する。

【0117】例えば、図3(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量の差Qの間で、インクおよび振動部の共振周波数 f_s が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを2値的に検出することができる。

【0118】アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、振動板176が液体と直接接

体の付加質量で表すと、

密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【0114】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみ領域との並列の等価回路（図示せず）と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を S_{ink} とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみ領域の面積を S_{air} とすると、

(式9)

高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、液体容器への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、液体容器へのアクチュエータ106の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

【0119】更に、単一のアクチュエータ106を用いて発振と液体の有無の検出との双方を実施することができるので、発振と液体の有無の検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、液体容器に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液体容器を安価に製造できる。なお、圧電層160の振動周波数を非可聴領域に設定することで、アクチュエータ106の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

【0120】図3(B)は、インクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 f_s との関係の一例を示す。ここでは、液体の例としてインクについて説明しており、「インク満」と「インク空」とは相対的な2状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態とを意味するものではない。図3(B)に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 f_s が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 f_s が異なる。したがって、共振周波数 f_s を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なったインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

【0121】続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存するようにキャビティのサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳

述する。アクチュエータ 106 は、キャビティ 162 内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ 162 内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0122】共振周波数 f_s は、イナータンス M の関数である。イナータンス M は、振動部のイナータンス M_{act} と付加イナータンス M' との和である。ここで、付加イナータンス M' が液体の状態と関係する。付加イナータンス M' は、振動部の付近にある媒体によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振動に関わるイナータンスが増加する）ことによる振動部の質量の増加分をいう。

【0123】従って、 M'_{cav} が式 4 における M'_{max} よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ 162 内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体は M'_{max} よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

【0124】一方、 M'_{cav} が式 4 における M'_{max} よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ 162 内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり M' が変化するので、共振周波数 f_s が変化する。従って、アクチュエータ 106 は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

【0125】即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 内に液体が残存する場合に、アクチュエータ 106 が液体の状態を正確に検出できる条件は、 M'_{cav} が M'_{max} よりも小さいことである。尚、アクチュエータ 106 が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ 162 の形状にかかわらない。

【0126】ここで、 M'_{cav} は、キャビティ 162 の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ 106 が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ 162 の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ 162 の開口 161 の半径を a とし、およびキャビティ 162 の深さを d とすると、

$$M'_{max} > \rho \times d / \pi a^2 \quad (\text{式 } 10)$$

である。式 10 を展開すると

$$a/d > 3 \times \pi / 8 \quad (\text{式 } 11)$$

という条件が求められる。従って、式 11 を満たす開口 161 の半径 a およびキャビティ 162 の深さ d であるキャビティ 162 を有するアクチュエータ 106 であれば、液体容器内の液体が空の状態であって、かつ、キャビティ 162 内に液体が残存する場合であっても、誤作

動することなく液体の状態を検出できる。

【0127】尚、式 10、式 11 は、キャビティ 162 の形状が円形の場合に限り成立する。キャビティ 162 の形状が円形でない場合、対応する M'_{max} の式を用い、式 10 中の πa^2 をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0128】なお、付加イナータンス M' は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ 106 に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【0129】また、本実施例によれば、アクチュエータ 106 が振動を発生して、その後の残留振動によりアクチュエータ 106 に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ 106 の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動すれば、圧電層 160 はたわみ変形する。このたわみ変形が逆起電力電圧を発生させ、上部電極 164 および下部電極 166 にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における印字ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動に伴って発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用して、インクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【0130】図 4 (A)、図 4 (B) 及び図 4 (C) は、アクチュエータ 106 を振動させた後の、アクチュエータ 106 の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ内のアクチュエータ 106 の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ 106 が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図 4 (A) 乃至図 4 (C) において、縦軸はアクチュエータ 106 の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ 106 の残留振動によって、図 4 (A) 乃至図 4 (C) に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。図 4 (A) 乃至図 4 (C) に示した例においては、アナログ信号の 4 パルス目から 8 パルス目までの 4 個のパルスが生じる時間を計測している。

【0131】より詳細には、アクチュエータ 106 が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、4 カウントから 8 カウントまでの間を $High$ としたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって 4 カウントから 8 カウントまでの時間を計測する。

【0132】図4(A)は、アクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図4(B)はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図4(A)と図4(B)とを比較すると、図4(A)の方が図4(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

【0133】アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定している。この時間に基づいて、共振周波数を求めることができる。例えばクロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスである。また、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図4においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0134】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0135】また、他の実施例として、所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい(図示せず)。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、当該所定期間において所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できる。

【0136】さらに、図4(A)および図4(B)を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによって、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。

【0137】より詳細には、例えば、図4(A)の逆起電力波形の頂点と図4(B)の逆起電力波形の頂点との間

に基準電圧を設定する。アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクが無いと判断する。逆起電力波形が基準電圧を横切らない場合には、インクが有ると判断する。

【0138】図4(C)は、所定のクロックパルスを用いて図4(A)に示したパルス波形の4カウント目から8カウント目までの時間を測定した例を示す。この図において、4カウント目から8カウント目までの間にクロックパルスが5カウント分出現している(実際には、1000カウントから2000カウント分のクロックパルスが出現するが、ここでは説明を簡単にするために少ないクロックパルスで説明する)。クロックパルスは、一定の周期を有するパルスであるので、クロックパルスの個数をカウントすることにより時間を測定することができる。4カウント目から8カウント目までの間の時間を測定することによって、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、逆起電力波形の周期より短い周期を有することが好ましく、例えば共振周波数が400kHz程度ならば、16MHz等の周波数が高いクロックパルスであることが好ましい。

【0139】図5は、アクチュエータ106が音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器1内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御するための記録装置制御部2000の構成を示す。

【0140】記録装置制御部2000は、液体容器1に装着されたアクチュエータ106に対してアクチュエータ106を駆動する電圧を与え、その結果アクチュエータ106が検知する音響インピーダンスの変化から液体の消費状態を検出する液体消費状態検出部1200と、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて記録装置を制御する制御回路部1500と、を備える。

【0141】制御回路部1500は、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて記録装置動作制御部1402を制御する制御部1400と、制御部1400の指示に基づいて記録装置の動作を制御する記録装置動作制御部1402とを更に備える。制御回路部1500は、記録装置動作制御部1402によりその動作が制御される提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412、及び印字データ記憶部1414を更に備える。

【0142】記録装置制御部2000は、インクジェット記録装置の内部に設けられてもよいが、記録装置制御部2000の一部の機能が外部に設けられてもよい。例えば、制御回路部1500の機能が、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置に与えられてもよい。さらに、記録装置制御部2000の一部の機能が、プログ

ラムとして記録媒体に格納され供給されてもよい。記録装置制御部2000の一部の機能を記録媒体に格納されたプログラムとして記録装置に接続されたコンピュータに供給することにより、記録装置制御部2000の一部の機能が後日改良された場合、容易に最新の機能を実行するプログラムをコンピュータの記憶媒体に格納し、常に最新の機能を用いて記録装置の動作を制御することができる。

【0143】また、記録装置制御部2000の一部の機能は、プログラムとして、サーバ等の情報処理装置から電気通信回線を介して、記録装置に接続されるコンピュータ等の端末に送信されてもよい。この場合、最新の機能を、容易に電気通信回線を介してサーバから入手してコンピュータの記憶装置に格納することができ、これにより記録装置は常に最新の機能を実行することができる。

【0144】液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106を駆動し、音響インピーダンスの変化から液体容器1内の液体の有無を検出する。例えば、液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106が残留振動により発生した逆起電力例えば電圧値を測定する測定回路部800と、測定回路部800が測定した逆起電力に基づいて液体容器1内の液体の有無を表す信号を出力する検出回路部1100と、を有する。

【0145】測定回路部800は、液体容器1においてアクチュエータ106の近傍に配置され、アクチュエータ106を駆動する駆動電圧を生成する駆動電圧生成部850を有する。駆動電圧生成部850によって生成される駆動電圧によって、液体容器1に装着されたアクチュエータ106が駆動し発振される。アクチュエータ106は駆動発振後も振動し続ける。この残留振動によって、アクチュエータ106自身が逆起電力を発生させる。測定回路部800は、アクチュエータ106が発生した逆起電力の波形のアナログ信号を、同一の周波数を有するデジタル信号に変換してデジタル回路部900に出力する。

【0146】測定回路部800がアクチュエータ106の近傍に配置されていることにより、アクチュエータ106が発生する逆起電力信号（アナログ信号）が測定回路部800にまで伝送される距離・時間は短い。すなわち、アナログ信号である逆起電力信号がノイズを受ける距離・時間は短い。また、測定回路部800にて変換された後のデジタル信号は、アナログ信号と比較してノイズに対して顕著に強い。以上により、逆起電力信号に対するノイズの影響を顕著に軽減することができる。さらには、測定回路部800以後の配線の自由度が高められ得る。

【0147】検出回路部1100は、測定回路部800が出力したデジタル信号の所定パルス数の振動に費やされる時間を測定するデジタル回路部900と、デジタル

回路部900がカウントした時間に基づいて液体の有無を判定する液体有無判定部1000と、を有する。

【0148】本実施例においては、デジタル回路部900は、図4（A）及び図4（B）に示すように、測定回路部800が出力したパルス波形中の4カウント目から8カウント目までがHighの信号を出力する。更に、図4（C）に示すように、デジタル回路部900は、上記デジタル信号中の4カウント目から8カウント目までのHighである期間において、所定のクロックパルス（逆起電力波形の周期より短い周期を有する）のパルス数をカウントする。一定の周期を有するクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4カウント目から8カウント目までの時間を測定することができる。例えば図4（C）では、クロックパルスが5カウント分存在し、5カウントをクロックパルスの周期と掛け合わせることで時間を算出することができる。

【0149】ここでは、説明を簡単にするために低い周波数のクロックパルスを例にして説明しているが、実際には16MHz等の周波数が高いクロックパルスが使用される。液体有無判定部1000は、デジタル回路部900が出力したカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判定し、判定結果を制御回路部1500へ出力する。

【0150】なお、高周波数のクロックパルスは、アナログ信号である逆起電力信号に影響を与え得る（ノイズとして信号に「乗る」場合がある）。従って、高周波のクロックパルス源からデジタル回路部900を含む高周波回線部分は、アクチュエータ106から測定回路部800までのアナログ回線部分からできるだけ離れていることが好ましい。例えば、後者のアナログ回線部分が液体容器1に設けられる場合、前者の高周波回線部分は、液体容器1外の記録装置本体部またはキャリッジ部等に設けられ得る。

【0151】液体消費状態検出部1200が液体無しの判定結果を出力した場合、制御部1400は、記録装置動作制御部1402を制御して所定の低インク量対応処理を行う。低インク量対応処理とは、インクが残り少なくなったことを考慮して、不適切な印刷等の記録装置の動作を禁止または抑制する処理である。記録装置動作制御部1402は、制御部1400の指示に基づいて、提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、あるいは印刷データ記憶処理部1412の動作を制御して、低インク量対応処理を実行する。

【0152】提示処理部1404は、アクチュエータ106により検知される液体容器1内の液体の有無に対応する情報を提示する。情報の提示には、ディスプレイ1416による表示およびスピーカ1418による発報がある。ディスプレイ1416は、例えば記録装置の表示パネルや、記録装置に接続されたコンピュータの画面で

ある。あるいは、提示処理部1404がスピーカ1418と接続されて、アクチュエータ106が液体無しを検出すると、報知音がスピーカ1418から出力される。スピーカ1418は、記録装置のスピーカでもよく、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置のスピーカでもよい。また、報知音として音声信号を用いることも好適であり、音声合成処理によりインク消費状態を示す合成音声が生産されてもよい。

【0153】印刷動作制御部1406は、印刷動作部1420を制御して、記録装置の印刷動作を停止させる。印刷動作の停止により、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。また、印刷動作制御部1406は、低インク量対応処理の他の例として、ある印刷処理を終了してから次の印刷処理に移ることを禁止してもよい。このような印刷処理の禁止により、ひとつの印刷処理、たとえば一連の文章の印刷途中で印刷が停止するのを回避できる。また、印刷処理の禁止の例として、1ページ印刷している途中で印刷処理が停止するのを防ぐために、改ページ終了後の印刷処理を禁止することも好ましい。

【0154】インク補充処理部1408は、インク補充装置1422を制御してインクカートリッジにインクを自動的に補充する。このインクの補充により、印刷を継続することができる。

【0155】カートリッジ交換処理部1410は、カートリッジ交換装置1424を制御してインクカートリッジを自動的に交換する。このような対応処理によって、ユーザの手をわずらわせることなく印刷動作を継続することができる。

【0156】印刷データ記憶処理部1412は、低インク量対応処理として、印刷完了前の印字データを印字データ記憶部1414に格納する。この印字データは、インクエンド検出後に記録装置に送られてくる印字データである。この印字データの格納により、印刷前の印字データが失われることを回避できる。

【0157】構成要素1404～1412については、これらの全てが記録装置制御部2000に設けられる必要はない。また、全ての構成要素1404～1412において低インク量対応処理が行われる必要はなく、少なくともひとつの低インク量対応処理が行われればよい。例えば、インク補充処理部1408またはカートリッジ交換処理部1410が処理を行うのであれば、印刷動作制御部1406は印刷動作の停止処理を行わなくてもよい。

【0158】なお、上記に例示した以外の、低インク量対応処理を行う構成すなわちインク不足による不適切な動作を回避する構成、が設けられてもよい。また、上記の低インク量対応処理は、アクチュエータ106がその装着位置において「液体無し」を検知してから「所定の余裕量」分の印刷が行われた後に実行されることが好適である。「所定の余裕量」は、アクチュエータ106の

「液体無し」検知後に全インクを消費してしまうまでの印刷量より少ない適当な値に設定される。

【0159】図6は、他の実施形態の記録装置制御部2002を示すブロック図である。本実施形態では、液体容器1に3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cが装着されている。3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cは、液体消費による液面低下方向に沿って異なる位置に設置されている。

【0160】図6に示す例では、液体容器1に装着された3つのアクチュエータ106A、106B、及び106Cに対して、アクチュエータを駆動する電圧をそれぞれ与える駆動電圧生成部850A、850B及び850Cを有する測定回路部800A、800B及び800Cが、それぞれの近傍位置に配置されている。検出回路部1102内のデジタル回路部902は、アクチュエータ106A、106B、及び106Cが発生する逆起電力信号から測定回路部800A、800B及び800Cによって生成されるデジタル信号を受容し、それぞれのデジタル信号（逆起電力信号に対応）の所定時間内のパルス数をカウントする。更に、液体有無判定部1002は、デジタル回路部902が出力したそれぞれの逆起電力信号のカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判定する。

【0161】本実施例においては、複数のアクチュエータ106A～106Cが液面低下方向の異なる位置にそれぞれ装着されているので、それぞれのアクチュエータの装着位置における液体の消費状態を段階的に検出することができる。記録装置制御部2002の液体消費状態検出部1202以外の構成は、図5の記録装置制御部2000と同様の構成であるので説明を省略する。

【0162】液面が各アクチュエータの取付位置レベルより高いか否かによって、各アクチュエータの出力信号は異なる。例えば、検出される逆起電力の周波数や振幅が大きく変化すれば、それに伴って検出信号が変化する。液体消費状態検出部1202は、各検出信号に基づいて、液体の液面が各アクチュエータ106A、106B、及び106Cの取付位置レベルを通過したか否かを判定できる。検出処理は、例えば予め定められたタイミングで定期的に行われる。

【0163】ここで、液面がアクチュエータの取付位置より低い状態を「液体無し状態」とし、液面がアクチュエータより高い状態を「液体有り状態」とする。液面がアクチュエータを通過すると、「液体有り状態」から「液体無し状態」へ検出結果が変化する。本実施の形態では、液面通過の検知とは、このような検出結果の変化を示す。

【0164】本実施形態の特徴として、制御部1400は、インピーダンスの検出に用いるアクチュエータを、液体消費の進行に応じて液体の液面の低下方向に沿って切り換える。詳述すると、液体容器1の装着直後すなわ

ち液体フル状態では、アクチュエータ 106 A のみที่ใช้用される。液体が消費され液面がアクチュエータ 106 A を通過すると、アクチュエータ 106 A は液体無し状態を検出する。これに応じて、制御部 1400 は、液体検出位置を中段に切り換える、すなわち、アクチュエータ 106 B のみを用いて液体の消費が検出される。同様に、アクチュエータ 106 B が液体無し状態を検出すると、検出位置が最下段のアクチュエータ 106 C へと切り換えられる。

【0165】本実施の形態によれば、検出位置を順次下方に切り換えていくので、全てのアクチュエータが常に動作しなくてもよい。すなわち、アクチュエータの動作の頻度が少ない。したがって、制御部 1400 におけるデータ処理量を抑制することができる。この結果、検出動作が印刷動作のスループットを低下させることはない。

【0166】本実施の形態においては、アクチュエータの数が 3 つであった。しかしながら、アクチュエータの数は 3 つ以上であればいくつでもよい。また、アクチュエータの間隔は一定でなくてもよい。たとえば、液面が低くなるほどアクチュエータの間隔を狭くすることが好適である。こうした変形は、以下の他の実施形態においても同様に適用可能である。

【0167】図 7 は、図 5 に示した記録装置制御部 2000 を変形した実施形態を示す。図 7 の液体容器 1 は、液体容器 1 内の液体を記録紙等の記録媒体に吐出して印字するためのヘッド部 1300 に連通するように、キャリッジ上に装着されている。ヘッド部 1300 は、ヘッド駆動部 1440 によって駆動されるようになっている。また、図 7 の記録装置は、ヘッド部 1300 から液体を吸引してヘッド部 1300 のノズルを清掃するクリーニング部 1436 を有している。クリーニング駆動部 1432 がポンプ 1434 を駆動することにより、クリーニング部 1436 はヘッド部 1300 から液体を吸引するようになっている。

【0168】図 7 に示す記録装置制御部 2004 の制御回路部 1502 は、図 5 に示した記録装置制御部 2000 が有する要素に加えて、ヘッド部 1300 が吐出したインク滴の数を数える液体吐出カウンタ（ドットカウンタ）1450 と、液体吐出カウンタ 1450 が数えたインク滴の数に基づいてインク消費量を算出する液体消費量算出部 1452 と、液体消費状態検出部 1210 が検出したインク消費状態に基づいてクリーニング駆動部 1432 を制御するクリーニング制御部 1442 と、を更に有している。また、検出回路部 1104 は、液体吐出カウンタ 1450 がカウントしたヘッド部 1300 のインク滴の吐出数を、アクチュエータ 106 を用いて検出したインクの消費状態に基づいて補正する液体消費状態補正部 1010 を有する。

【0169】次に、図 7 において新たに加わった要素に

についての動作を説明する。液体吐出カウンタ 1450 は、印字時にヘッド部 1300 から吐出されるインク滴の数をカウントし、液体消費量算出部 1452 へ出力する。液体消費量算出部 1452 は、液体吐出カウンタ 1450 のカウント値に基づいて、ヘッド部から吐出されたインク量を算出する。

【0170】また、印刷とは関係のない駆動信号を印字ヘッドに印加してインク滴を空吐出させることにより、ヘッド部 1300 のノズル開口近傍の不揃いのメニスカスを回復させたり、ノズル開口におけるインクの目詰まりを防止すること（フラッシング操作）によっても、インクが消費される。したがって、液体吐出カウンタ 1450 は、フラッシング操作によるインク滴吐出数についてもカウントして、液体消費量算出部 1452 へ出力する。

【0171】液体消費量算出部 1452 は、印字操作及びフラッシング操作におけるヘッド部 1300 からのインクの吐出数から、インクの消費量を算出して、算出したインク消費量を液体消費状態補正部 1010 へ出力する。液体消費量算出部 1452 によって算出されたインク量は、提示処理部 1404 のディスプレイ 1416 によって表示される。

【0172】更に、ヘッド部 1300 をクリーニング部 1436 によって清掃する（クリーニング操作）際にも、ヘッド部 1300 内のインクが吸引されることで液体容器 1 内のインクが消費される。したがって、液体消費量算出部 1452 は、クリーニング制御部 1442 を介してクリーニング駆動部 1432 がポンプ 1434 を駆動した時間（例えばポンプ 1434 に通電した時間）とポンプ 1434 の時間当たりのインク吸収量とを掛けることによって、クリーニングによるインクの消費量を算出する。

【0173】したがって、液体消費量算出部 1452 は、液体吐出カウンタ 1450 とクリーニング制御部 1442 とによって、消費されたインク量を算出する。液体消費状態補正部 1010 は、液体消費量算出部 1452 の算出値を、液体有無判定部 1000 の判定結果に基づいて補正する。

【0174】インク消費状態の検出に、液体有無判定部 1000 及び液体消費量算出部 1452 の 2 つの出力を用いる理由を次に述べる。

【0175】液体有無判定部 1000 の出力は、液体の液面をアクチュエータ 106 によって実際に測定した情報である。一方、液体消費量算出部 1452 の出力は、液体吐出カウンタ 1450 がカウントしたインク滴の数及びポンプの駆動時間から算出された推定のインク消費量である。

【0176】この算出値は、ユーザサイドで設定される印刷形態や使用環境により、例えば室温が極端に高いまたは低い場合、あるいは、インクカートリッジの開封後

の経過時間が長い場合、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化することによって誤差を生じることがある。

【0177】そこで、液体消費状態補正部1010は、液体消費量算出部1452によって算出されたインク消費量を、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて補正する。更に、液体消費状態補正部1010は、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて、液体消費量算出部1452がインク消費量を算出するのに用いる算出式のパラメータを補正する。このように算出式のパラメータを補正することによって、当該算出式をインクカートリッジが使用されている環境に適合させることができる。これにより、算出式によって得られた値が、実際に使用した値により近似するようになる。

【0178】アクチュエータ106が装着位置において「インク無し」を検知した場合、記録装置動作制御部1402に制御される印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412及びクリーニング制御部1442は、所定の低インク量対応処理を行う。

【0179】印刷動作制御部1406は、ヘッド駆動部1440を制御して、ヘッド部1300におけるインクの吐出を停止したり、インクの吐出量を減少させる。これにより、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。

【0180】クリーニング制御部1442は、低インク対応処理として、クリーニング部1436によるヘッド部1300のクリーニング動作を禁止したり、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めたりして、インクの吸引量を減少させる。ヘッド部1300のクリーニングの際に、比較的多くのインクがヘッド部1300から吸引される。したがって、低インクとなったときにクリーニング動作を禁止することにより、残り少ないインクがクリーニングのためにヘッド部1300から吸引されることを回避でき、クリーニングのためにインクが不足するという事態を回避できる。あるいは、前述のように、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めてもよい。制御部1400が、液体容器1内のインク残量に基づいて、印刷動作制御部1406及びクリーニング制御部1442がどのような低インク処理を実行するかを選択する。

【0181】図8は、図7に示した記録装置制御部2004を変形した実施形態を示す。この実施例では、半導体記憶手段7が液体容器1に装着され、記録装置制御部2006が情報記憶制御回路部1444を有している。その他は、図7に示した記録装置制御部2004と同様の構成である。したがって、半導体記憶手段7及び情報記憶制御手段1444と関係ない要素についてはその説明を省略する。

【0182】本実施の形態の液体容器1は、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7を有する。半導体記憶手段7は、例えば、EEPROM等の書き換え可能なメモリである。制御回路部1506は、情報記憶制御回路部1444を有する。

【0183】液体消費状態検出部1210は、アクチュエータ106を制御して液体容器1内の液体の消費状態を検出し、アクチュエータ106を用いた液体消費状態の検出に関連する消費関連情報を制御回路部1506へ出力する。

【0184】制御部1400は、情報記憶制御回路部1444を介して、消費関連情報を半導体記憶手段7に書き込む。更に、情報記憶制御回路部1444は、消費関連情報を半導体記憶手段7から読み出して、制御部1400へ出力する。

【0185】次に、半導体記憶手段7について詳細に説明する。半導体記憶手段7は、アクチュエータ106を用いた液体の消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費関連情報は、検出された液体の消費状態の情報を含む。情報記憶制御回路部1444は、アクチュエータ106を用いて得られた消費状態情報を半導体記憶手段7に書き込む。そして、この消費状態情報が読み出され、記録装置制御部2006において使用される。

【0186】消費状態情報を半導体記憶手段7に記憶することは、特に液体容器1を脱着する場合において有利である。例えば、液体が途中まで消費された状態で、液体容器1がインクジェット記録装置から取り外されたとする。この時、液体消費状態を記憶した半導体記憶手段7が常に液体容器1と共にある。液体容器1は、再度同じインクジェット記録装置に装着されるか、あるいは他のインクジェット記録装置に装着される。この時、半導体記憶手段7から液体消費状態が読み出され、その液体消費状態に基づいて記録装置制御部2006が動作する。例えば、液体が空または液体残量が少ない液体容器1が装着された場合でも、その旨がユーザに伝えられる。このように、液体容器1を脱着する場合であっても、液体容器1の以前の消費状態情報を確実に利用できる。

【0187】半導体記憶手段7は、さらに、液体吐出カウンタ1450がカウントしたインク滴の数に基づいて液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態を記憶してもよい。アクチュエータ106は、アクチュエータ106の装着位置におけるインク液面の通過を確実に検出できるが、液面通過の前後のインク消費状態についての検出は困難である。従って、液面通過の前後のインク消費状態について、液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態から推定し、当該推定値を半導体記憶手段7に格納することが好ましい。

【0188】また、消費関連情報は、液体の消費状態に

応じて検出されるべき検出特性情報を含む。本実施形態では、検出特性情報として、消費前検出特性情報および消費後検出特性情報が記憶される。消費前検出特性情報は、インクの消費が開始される前の検出特性、すなわち、インクフル状態における検出特性を示す。消費後検出特性情報は、インクが所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性、具体的には、インク液面がアクチュエータ106の取付位置レベルを下回ったときの検出特性を示す。

【0189】情報記憶制御回路部1444は、半導体記憶手段7から検出特性情報を読み出し、液体消費状態検出部1210は、その検出特性情報に基づいてアクチュエータ106を用いて液体消費状態を検出する。消費前検出特性に対応する検出信号が得られた場合、インクの消費がまだ進んでおらず、インクの残量は多いと考えられる。少なくとも、インク液面がアクチュエータ106より上であることは確実に分かる。一方、消費後検出特性に対応する検出信号が得られたときは、インクの消費が進み、残量が少ないので、インク液面はアクチュエータ106を下回っていることが分かる。

【0190】検出特性情報を半導体記憶手段7に記憶することの利点の一つを説明する。

【0191】検出特性情報は、液体容器1の形状、アクチュエータ106の仕様、インクの仕様、等の各種の要因によって決まる。従って、改良等の設計変更が行われたときには、検出特性も変化することがある。液体消費状態検出部1210が常に同じ検出特性情報を使用すると、こうした検出特性の変化への対処が困難である。一方、本実施の形態では、検出特性情報が半導体記憶手段7に記憶され利用される。したがって、検出特性の変化に容易に対処できる。例えば、新しい仕様の液体容器1が提供されるときも、その液体容器1の検出特性情報を、記録装置制御部2006が容易に利用できるのである。

【0192】液体容器1の仕様が同じでも、製造ばらつきによって検出特性が異なることがある。例えば、液体容器1の形状や肉厚に応じて、検出特性が異なることもある。従って、さらに好ましくは、個々の液体容器1ごとの検出特性情報が測定されて半導体記憶手段7に格納される。本実施の形態では、各液体容器1が半導体記憶手段7を有するので、その半導体記憶手段7に固有の検出特性情報を格納できる。これにより、製造ばらつきの検出への影響を低減でき、検出精度を向上できる。このように、本実施の形態は、個々の液体容器1の検出特性の相違に対応できて有利である。

【0193】図9は、図8に示した記録装置制御部2006の動作手順を示すフローチャートである。

【0194】まず、インクカートリッジが装着されたか否かが判定される(S10)。すなわち、新品のインクカートリッジまたは途中まで使用されたインクカートリ

ッジが装着されたことが検出される。この処理には、インクジェット記録装置に備えられたスイッチ等(図示せず)が用いられる。

【0195】インクカートリッジが装着されると、半導体記憶手段7から検出特性情報等を含む消費関連情報が読み出される(S12)。記録装置制御部2008の提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412及びクリーニング制御部1442が、読み出された消費関連情報を利用する。例えば、読み出された消費関連情報により液体容器1内の液体残量が少ないことが分かると、ディスプレイ1416に液体残量が少ないことを表示したり、ヘッド部1300の動作を停止させる。

【0196】液体消費状態検出部1210は、読み出された検出特性情報に基づいて、アクチュエータ106を用いて液体の消費状態を検出する(S14)。検出された液体消費状態に基づいて、液体容器1内の液体の有無が判定される(S16)。「液体無し」が検出された場合には、液体無し対応工程(S18)が実行される。液体無し対応工程(S18)としては、印刷データ記憶処理部1412によって印字データを記憶するステップ(S24)、印刷動作制御部1406によって印刷動作を停止するステップ(S26)及び提示処理部1404によって液体無しを表示するステップ(S28)が含まれる。

【0197】この場合、液体無し表示ステップ(S28)の指示により、後述するようにユーザがインクカートリッジを交換することで、インクジェット記録装置にインクが補充される。

【0198】あるいは、液体無し対応工程(S18)として、カートリッジ交換処理部1410によって自動的にインクカートリッジを交換(S20)してもよいし、インク補充処理部1408によって自動的にインクを補充(S22)してもよい。この場合、インクは自動的にインクジェット記録装置に補充され、ユーザがインクカートリッジを交換する必要が無い。この場合、後述するカートリッジ交換判断ステップ(S32)を経ずに、液体消費情報読出しステップ(S12)に戻る。なお、インク補充ステップ(S22)が実施される場合、インクが補充された後、どれだけの量のインクが記録装置に補充されたかの情報が半導体記憶手段7に格納される(S34)。

【0199】液体無し対応手段(S18)として、印字データ記憶ステップ(S24)、印刷動作停止ステップ(S26)及び液体無し表示ステップ(S28)が実行された後、検出された液体消費状態は半導体記憶手段7に格納される(S30)。インクカートリッジ内にインクがないことは、液体無し表示ステップ(S28)によってユーザに伝達されているので、ユーザが液体無し表

示ステップ(S28)の指示に従ってインクカートリッジを交換する。この場合(S32, Y)、液体消費状態検出ステップ(S14)に戻る。一方、ユーザがインクカートリッジを交換しない場合、インクカートリッジを交換するよう更にユーザに促すような表示がディスプレイ又はスピーカにより提示されて、プロセスを終了する。

【0200】図10は、測定回路部800の回路構成を示す図である。測定回路部800は、駆動電圧生成部850、基準電位生成部816、ハイパスフィルタ824、増幅部860及び比較器836を有する。駆動電圧生成部850は、相補に並列にベースB同士及びエミッタE同士が接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812の2個のバイポーラトランジスタを含む。NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は、アクチュエータ106を駆動するためのトランジスタである。アクチュエータ106は、一方の端子が、互いに接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812のエミッタEに接続され、他方の端子が、グランドGNDに接続される。アクチュエータ106の他方の端子は、電源Vcc(5V)に接続されてもよい。

【0201】端子840から駆動電圧生成部850に入力されるトリガ信号が、LowからHighとなると、互いに接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812のベースBが立ち上がり、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は入力されたトリガ信号の電流を増幅して、アクチュエータ106に与える。図10の場合、PNP型トランジスタ812のエミッタEとコレクタCとの間の電圧が、アクチュエータ106に与えられる。このため、アクチュエータ106は急激に充電されて発振する。更に、アクチュエータ106は、発振後に残留する振動により逆起電力を発生する。アクチュエータ106の残留振動により発生した逆起電力は、ハイパスフィルタ824を介して増幅部860に出力される。

【0202】NPN型トランジスタ810(PNP型トランジスタ812も同様)のベースB及びエミッタE間はPN接合になっており、ベースBとエミッタEとの電位差が0.6V以下ではエミッタE側にほとんど電流が流れず、0.6Vを超えると大きく増幅された電流がエミッタEに流れる。すなわち、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は、それぞれ0.6Vの不感帯又はバイアス電圧を有しており、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は合計1.2V程度のバイアス電圧を有する。アクチュエータ106の逆起電力を含めた端子電位が不感帯の範囲内であれば、トランジスタが動作してエミッタEに電流が流れ込むことはなく、トランジスタの動作のためにアクチュエータ106の残留振動を抑えてしまうことがな

い。不感帯がないと、アクチュエータ106の電圧はトランジスタにより制御されて一定値となり、逆起電力を調べることができない。

【0203】図10において、バイポーラトランジスタとしてNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812が用いられているが、バイポーラトランジスタの代わりに電界効果トランジスタを用いてもよい。電界効果トランジスタを用いる場合、図10のNPN型トランジスタが配置されている位置にN型電界効果トランジスタを配置する。N型電界効果トランジスタのゲートをNPN型トランジスタ810のベースBの位置に配置し、ソースをエミッタEの位置に配置する。また、PNP型トランジスタ812が配置されている位置にP型電界効果トランジスタを配置する。P型電界効果トランジスタのゲートをPNP型トランジスタ812のベースBの位置に配置し、ソースをエミッタEの位置に配置する。更に、P型電界効果トランジスタ及びN型電界効果トランジスタのゲート同士及びソース同士を接続する。アクチュエータ106は、一方の端子が互いに接続されたP型電界効果トランジスタ及びN型電界効果トランジスタのソースに接続され、他方の端子が電源Vcc又はグランドGNDに接続されることが好ましい。

【0204】ハイパスフィルタ824は、コンデンサ826と抵抗器828とを有している。駆動電圧生成部850の出力は、このようなハイパスフィルタ824を介して増幅部860に出力される。ハイパスフィルタ824は、アクチュエータ106の出力のうち高周波成分を増幅部860へ出力する一方、低周波成分を取り除く。更に、ハイパスフィルタ824は、増幅部860の出力が基準電位を中心として0~5Vの範囲に収まるように調整する役割がある。

【0205】基準電位生成部816は、直列に接続された抵抗818及び820と、抵抗820に並列に接続されたコンデンサ822と、を有する。これにより、基準電位生成部816は、2~3V程度の安定した直流電位を基準電位として生成し、ハイパスフィルタ824、増幅部860及び比較器836へ供給する。このため、ハイパスフィルタ824及び増幅部860が出力する信号波形の電圧は、基準電位を中心にして振動する。

【0206】増幅部860は、オペアンプ834と抵抗830及び832とを有する。オペアンプ834、抵抗830及び832は、入力信号を反転せずに増幅して出力する非反転増幅回路として構成されている。駆動電圧生成部850が出力した逆起電力信号が、ハイパスフィルタ824を介してオペアンプ834の+端子に入力される。オペアンプ834の-端子は、負帰還抵抗830を通して出力端子と接続する一方、抵抗832を通して基準電位と接続している。これにより、アクチュエータ106が出力した微弱な逆起電力信号が基準電位を中心として増幅され、比較器836へ出力される。このよう

に増幅された逆起電力信号の波形は、図 4 に示したアナログ波形として表され得る。

【0207】比較器 836 には、増幅部 860 から出力された逆起電力信号の電圧と基準電位生成部 816 が生成した基準電位とが入力され、逆起電力信号の電圧が基準電位以上のときに High の信号を、逆起電力信号の電圧が基準電位以下のときに Low の信号を出力する。これにより、デジタル波形の逆起電力信号が生成される。すなわち、オペアンプ 834 の出力が基準電位を中心に振動する一方、比較器 836 の一端子の電圧が基準電位と等しいので、比較器 836 は基準電位を基準にして逆起電力信号の電圧を比較して、デジタル波形の逆起電力信号を出力する。比較器 836 は、生成したデジタル波形の逆起電力信号を、端子 844 へ出力する。

【0208】なお、前述のように、圧電素子への駆動電圧信号の供給は、端子 840 からのトリガ信号の入力によってなされる。このトリガ信号の入力は、制御装置 840c によってなされ得る。制御装置 840c は、例えば、液体容器が搭載されるインクジェット記録装置等の各種の液体消費装置に設けられ得る。

【0209】ここで、測定回路部 800 の回路構成の他の例について、図 11 を用いて説明する。

【0210】この場合の基準電位生成部 816 は、直列に接続された抵抗 817、818 及び 820 と、抵抗 820 に並列に接続されたコンデンサ 822 と、を有する。この場合、抵抗 817 及び抵抗 820 は共に約 5 k Ω 、抵抗 818 は約 500 Ω である。これにより、基準電位生成部 816 は、2~3 V 程度の安定した 2 つの直流電位を基準電位 A 及び B として生成し、ハイパスフィルタ 824 及び増幅部 860 と比較器 836 とにそれぞれ供給する。このため、ハイパスフィルタ 824 及び増幅部 860 が出力する信号波形の電圧は、基準電位 B を中心にして振動する。

【0211】ハイパスフィルタ 824 は、増幅部 860 の出力が基準電位 B（後述）を中心として 0~5 V（Vcc）の範囲に収まるように調整する役割を果たす。

【0212】増幅部 860 は、オペアンプ 834 と抵抗 830 及び 832 とを有する。オペアンプ 834、抵抗 830 及び 832 は、入力信号を反転せずに増幅して出力する非反転増幅回路として構成されている。駆動電圧生成部 850 が出力した逆起電力信号が、ハイパスフィルタ 824 を介してオペアンプ 834 の + 端子に入力される。オペアンプ 834 の - 端子は、負帰還抵抗 830 を通して出力端子と接続する一方、抵抗 832 を通して基準電位 B と接続している。これにより、アクチュエータ 106 が出力した微弱な逆起電力信号が基準電位 B を中心として増幅され、比較器 836 へ出力される。このように増幅された逆起電力信号の波形は、図 4 に示したアナログ波形として表され得る。

【0213】比較器 836 には、増幅部 860 から出力

された逆起電力信号の電圧と基準電位生成部 816 が生成した基準電位 A とが入力され、逆起電力信号の電圧が基準電位 A 以上のときに High の信号を、逆起電力信号の電圧が基準電位 A 以下のときに Low の信号を出力する。これにより、デジタル波形の逆起電力信号が生成される。すなわち、オペアンプ 834 の出力が基準電位 B を中心に振動する一方、比較器 836 の一端子の電圧が基準電位 A と等しいので、比較器 836 は基準電位 A を基準にして逆起電力信号の電圧を比較して、デジタル波形の逆起電力信号を出力する。比較器 836 は、生成したデジタル波形の逆起電力信号を、端子 844 へ出力する。

【0214】なお、基準電圧 A と基準電圧 B との高低の関係は、逆であってもよい。

【0215】図 11 において、その他の回路構成は、図 10 に示す測定回路部 800 と略同様である。

【0216】図 11 に示す測定回路部 800 では、逆起電力が存在しない場合、オペアンプ 834 の出力が基準電位 B となるので、比較器 836 の出力信号は常に Low であって変化しないはずである。このことを利用して、測定回路部 800 におけるノイズの影響の有無を判別することができる。

【0217】例えば測定回路部 800 は、図 11 に示すように、ノイズ影響判別部 880 を有し得る。ノイズ影響判別部 880 は、例えば図 12 に示すようなフローに従って、逆起電力信号に対するノイズの影響を判別する。

【0218】この場合、ノイズ影響判別部 880 は、圧電素子に駆動電圧信号が与えられる前に、通常の共振周波数（逆起電力信号の周波数）測定（詳細は後述する）時に要する時間と同じ時間またはそれ以上の時間（規定時間とする）、比較器 836 からの出力を観測する（STEP1）。

【0219】そして、当該規定時間の間に比較器 836 の出力が変化したか否かを判別する（STEP2）。

【0220】出力の変化が無かった場合、ノイズの影響が小さいと判別し、圧電素子に駆動電圧信号が与えられて、検出回路部 1100（図 13 及び図 14 を用いて後に詳述）による共振周波数の測定等が実施される（STEP3）。

【0221】一方、出力の変化があった場合、ノイズの影響が大きいと判別し、現在の状態では検出回路部 1100 による共振周波数の測定が正確に実施できないことを示す情報が、図示しない表示画面等に出力される（STEP4）。

【0222】以上のように、図 12 に示すフローチャートに従えば、ノイズの影響によって誤った共振周波数を測定してしまうことが回避され得る。

【0223】また、ノイズ影響判別部 880 を別途の回路として構成する代わりに、デジタル回路部 900 を利

用してノイズ影響判別部を構成してもよい。

【0224】図13は、図5の検出回路部1100の回路構成を示す。検出回路部1100は、デジタル回路部900及び液体有無判定部1000を有する。デジタル回路部900は、フリップフロップ910及び918と、カウンタ912及び920と、NANDゲート914及び916と、を有する。カウンタ920は、最高値(1111、1111)まで数えたら、次にクロックパルスが入力されても(0000、0000)にならず、最高値を維持するものとする。

【0225】トリガ信号が、端子842からフリップフロップ910のクロック入力ピンCLKに入力されると、フリップフロップ910は、カウンタ912に対して、測定回路部800から出力された逆起電力信号のパルス数の計測をカウンタ912が開始するよう制御する信号を出力する。更に、カウンタ912が逆起電力信号のパルスを8個数えると、NANDゲート916を介してフリップフロップ910がクリアされる。したがって、フリップフロップ910は、トリガ信号が入力されてから逆起電力信号が8パルス目までの間Highとな

20
【数1】
カウンタ920は、フリップフロップ918に入力されるのと同様の16MHzのクロックパルスを、クロック入力ピンCLKから受容する。このため、カウンタ920はフリップフロップ918と同期して作動し、フリップフロップ918の出力ピンQの出力がHighとなっている4パルス目から8パルス目までの間において、16MHzのクロックパルスが何個あるかをカウントすることができる。16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することができる。カウンタ920は、カウントしたカウント値を液体有無判定部1000に出力する。なお、フリップフロップ918の出力ピンQがHighになる前、すなわち、カウンタ920を動作させる前に、フリップフロップ918の出力ピンQの出力とカウンタ912の出力ピンQBの出力とがNANDゲート914においてNAND演算されて、カウンタ920のクリア入力ピンCLRに入力されてカウンタ920がクリアされるようになっている。

【0229】図13の回路では、逆起電力波形の4パルス目から8パルス目までの間に存在する16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントしたが、カウンタ912の出力を用いる計数回路を追加して組み合わせることにより、8カウント目までの時間ばかりでなく任意の40
カウント目まで数えることもできる。すなわち、異なったカウント間隔内の時間を検出することができる。

【0230】図13において、クロック信号である端子846の信号は、高い周波数の信号であり、デジタル回路部800に対してノイズを与え、誤動作を引き起こす可能性がある。従って、クロック信号を必要とするデジタル部から離して配置するか、回路をIC化する場合、アナログ部とデジタル部を別のICにすることが望ましい。その際、測定回路部800をインクカートリッジの近くにおき、検出回路部1100をメイン基板等に配置

っている信号を、カウンタ912のカウントイネーブル端子ENPに供給する。

【0226】カウンタ912は、カウンタイネーブル端子ENPに入力される信号がHighのときのみ、クロックを計数する。カウンタ912は、トリガ信号がフリップフロップ910に入力されてから逆起電力信号のパルス数の計数を開始し、パルス数を8個数えた時点でカウントイネーブル端子ENPに入力される信号がLowになるのでパルス数のカウントを終了する。カウンタ912は、4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を、出力ピンQCからフリップフロップ918の入力ピンDに出力する。

【0227】フリップフロップ918は、カウンタ912が出力した4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を入力ピンDから受容し、端子846から入力した16MHzの周波数のクロックをクロック入力ピンCLKから受容して、入力ピンDから入力された信号を当該クロックに同期させて出力する。

【0228】

する。この場合、端子844の信号はデジタル信号でありノイズに強いから長い距離を引き回しても問題ない。あるいは、フリップフロップ910およびカウンタ912もカートリッジの近くに配置し、カウンタ912の出力QB、QCを引き回してもよい。さらに、NANDゲート914の入力の一方をフリップフロップ918の出力ではなく、カウンタ912のQCを反転させた信号にすれば、カウンタ912の出力QCのみを引き回すだけでよい。

【0231】図14は、図13に示した液体有無判定部1000の詳細な回路構成を示す。液体有無判定部1000は、カウンタ920が出力した逆起電力信号の4パルス目から8パルス目までの間に現れる16MHzのクロックパルス数のカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判断する。液体有無判定部1000は、

図14に示すように、上限値レジスタ1011と、下限値レジスタ1012と、比較部1014及び1016と、ANDゲート1018とを有する。上限値レジスタ1011にはカウント値の上限値が格納され、下限値レジスタ1012にはカウント値の下限値が格納されている。

【0232】比較部1014は、デジタル回路部900が出力したカウント値をB端子から受容し、カウント値の上限値を上限値レジスタ1011からA端子を介して受容する。カウント値が上限値より小さい場合、比較部1014はHighの信号をANDゲート1018に出力する。一方、カウント値が上限値以上の場合、比較部1014は、Lowの信号をANDゲート1018に出力する。カウント値が上限値以上の場合、逆起電力波形の周波数が下限値より低く、逆起電力波形が正常に測定されていないので、液体容器が記録装置に装着されていないかまたは確実に装着されていない可能性がある。

【0233】一方、比較部1016は、デジタル回路部900が出力したカウント値をA端子から受容し、カウント値の下限値を下限値レジスタ1012からB端子を介して受容する。カウント値が下限値より大きい場合、比較部1016はHighの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。一方、カウント値が下限値以下である場合、比較部1016はLowの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。カウント値が下限値以下である場合、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置において存在しないことを意味する。

【0234】比較部1014及び1016の双方がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値より大きい場合、ANDゲート1018はHighの信号を出力する。この場合、逆起電力波形の周波数が上限値より低いので、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する。しかも、逆起電力波形の周波数が下限値より高いので、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在することがわかる。すなわち、端子1020がHighの場合は、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する正常な状態である。

【0235】比較部1014がLowの信号を出力し、比較部1016がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値以上で下限値より大きい場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。また、端子1022には、Highの信号が入力される。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端子1022がHighなので液体容器1が記録装置に装着されていないか又は確実に装着されていないと判定できる。

【0236】比較部1014がHighの信号を出力し、比較部1016がLowの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値以下の場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端子1022がLowなので液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて無いことがわかる。

【0237】図15は、アクチュエータ106の製造方法を示す。図15では、複数のアクチュエータ106（図15の例では4個）が一体に形成されている。図15に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図16に示すアクチュエータ106を製造する。図15に示す一体成形された複数のアクチュエータ106のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図1に示すアクチュエータ106を製造することができる。複数のアクチュエータ106を一体に形成することにより、複数のアクチュエータ106を同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【0238】アクチュエータ106は、薄板又は振動板176、基板178、弾性波発生手段又は圧電素子174、端子形成部材又は上部電極端子168、及び端子形成部材又は下部電極端子170を有する。

【0239】圧電素子174は、圧電振動板又は圧電層160、上部電極164及び下部電極166を含む。基板178の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には、圧電層160が形成され、圧電層160の上面に、上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって、上下から挟まれるように形成されている。

【0240】図15に示す場合、振動板176上に、複数の（図15の例では4個）の圧電素子174が形成されている。振動板176の表面に下部電極166が形成され、下部電極166の表面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成される。上部電極164及び下部電極166の端部に上部電極端子168及び下部電極端子170が形成される。そして、4個のアクチュエータ106が、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

【0241】図16は、圧電素子が矩形のアクチュエータ106の一部分の断面を示す。図17は、図16に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す。

【0242】図17に示すように、基板178の圧電素子174と対向する面には、貫通孔178aが形成されている。貫通孔178aは振動板176によって封止されている。振動板176は、アルミナや酸化ジルコニア

等の、電気絶縁性を備えると共に弾性変形可能な材料によって形成されている。

【0243】貫通孔178aに対応する位置に、圧電素子174が振動板176上に形成されている。下部電極166は貫通孔178aの領域から一方向、図17では左方に延びるように振動板176の表面に形成されている。上部電極164は貫通孔178aの領域から下部電極とは反対の方向、図17では右方に延びるように圧電層160の表面に形成されている。

【0244】上部電極端子168及び下部電極端子170は、それぞれ補助電極172及び下部電極166の上面に形成されている。下部電極端子170は、下部電極166と電氣的に接触し、上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接触して、圧電素子とアクチュエータ106の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子168及び下部電極端子170は、電極164及び166と圧電層160とを合わせた圧電素子174の高さ以上の高さを有する。

【0245】図18は、図15に示したアクチュエータ106の製造方法を示す。まず、グリーンシート40に、プレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔40aを穿孔する。グリーンシート40は、焼成後に基板178となるものである。グリーンシート40は、セラミック等の材料で形成される。

【0246】次に、グリーンシート40の表面に別のグリーンシート41を積層する。グリーンシート41は、焼成後に振動板176となるものである。グリーンシート41は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。

【0247】次に、グリーンシート41の表面に、導電層42、圧電層160、導電層44を、圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層42は、後に下部電極166となるものであり、導電層44は、後に上部電極164となるものである。

【0248】次に、形成されたグリーンシート40、グリーンシート41、導電層42、圧電層160及び導電層44を、乾燥して焼成する。

【0249】スペーサ部材47、48は、上部電極端子168と下部電極端子170の高さを底上げして圧電素子より高くするための部材である。スペーサ部材47、48は、グリーンシート40、41と同材料を印刷するかあるいは積層して形成する。スペーサ部材47、48を用いることにより、貴金属である上部電極端子168及び下部電極端子170の材料が少なくて済む。また、上部電極端子168及び下部電極端子170の厚みを薄くできるので、上部電極端子168及び下部電極端子170を精度良く印刷でき、精度の良い高さとすることができる。

【0250】導電層42の形成時に、導電層44との接続部44'及びスペーサ部材47及び48を同時に形成すると、上部電極端子168及び下部電極端子170を

容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層42及び導電層44の端部領域に、上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する。上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する際、上部電極端子168及び下部電極端子170が、圧電層160に電氣的に接続されるように形成する。

【0251】図19は、本発明が適用されるインクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図19(A)は、本実施形態によるインクカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインクカートリッジは、インクを収容する容器1の底面1aに貫通孔1cを有する。貫通孔1cの底部はアクチュエータ650によって塞がれ、インク溜部を形成する。

【0252】図19(B)は、図19(A)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの詳細な断面を示す。図19(C)は、図19(B)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの平面を示す。アクチュエータ650は、振動板72および振動板72に固定された圧電素子73を有する。圧電素子73が振動板72及び基板71を介して貫通孔1cに対向するように、アクチュエータ650は、容器1の底面に固定される。振動板72は、弾性変形可能で、耐インク性を備える。

【0253】容器1のインク量に依存して、圧電素子73及び振動板72の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ650に対向する位置に貫通孔1cが形成されているため、最小限の一定量のインクが貫通孔1cに確保される。したがって、貫通孔1cに確保されるインク量により決まるアクチュエータ650の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器1のインクエンドを確実に検出することができる。

【0254】図20は、貫通孔1cの他の実施形態を示す。図20(A)、(B)、及び(C)のそれぞれにおいて、左側の図は、貫通孔1cにインクKが無い状態を示し、右側の図は、貫通孔1cにインクKが残った状態を示す。図19の実施形態においては、貫通孔1cの側面は垂直な壁として形成されている。図20(A)においては、貫通孔1cは、側面1dが上下方向に斜めであり外側に拡大して開いている。図20(B)においては、段差部1e及び1fが、貫通孔1cの側面に形成されており、上方の段差部1fが下方の段差部1eより広がっている。図20(C)においては、貫通孔1cは、インクKを排出しやすい方向すなわちインク供給口2の方向へ延びる溝1gを有する。

【0255】図20(A)～(C)に示した貫通孔1cの形状によれば、インク溜部のインクKの量を少なくできる。従って、図1および図2で説明したM' cavを、M' maxと比較して小さくすることができる。このため、インクエンド時におけるアクチュエータ650の振動特性を、容器1に印刷可能な量のインクKが残存して

いるインク残存時と大きく異ならせることができ、インクエンドをより確実に検出することができる。

【0256】図21は、アクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ660は、アクチュエータ660を構成する振動板72の貫通孔1cよりも外側にパッキン76を有する。アクチュエータ660の外周には、カシメ孔77が形成されている。アクチュエータ660は、カシメ孔77を介して、カシメにより容器1に固定される。

【0257】図22(A)、(B)は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態においては、アクチュエータ670は、凹部形成基板80および圧電素子82を備える。凹部形成基板80の一方の面には、凹部81がエッチング等の手法により形成され、他方の面に圧電素子82が取り付けられている。凹部形成基板80のうち、凹部81の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ670の振動領域は、凹部81の周縁によって規定される。

【0258】アクチュエータ670は、図1の実施例によるアクチュエータ106において、基板178および振動板176が一体として形成された構造と類似する。この場合、インクカートリッジを製造する際の製造工程を短縮することができ、コストが低減される。アクチュエータ670は、容器1に設けられた貫通孔1cに埋め込み可能なサイズであることが好ましい。それによって、凹部81がキャピティとしても作用することができる。尚、図1の実施例によるアクチュエータ106を、図22の実施例によるアクチュエータ670と同様に、貫通孔1cに埋め込み可能なように形成してもよい。

【0259】図23は、アクチュエータ106を取付モジュール体100として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体100は、インクカートリッジの容器1の所定個所に装着される。モジュール体100は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器1内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

【0260】本実施形態のモジュール体100は、容器1にアクチュエータ106を取り付けるための液体容器取付部101を有する。液体容器取付部101は、平面がほぼ矩形の基台102と、駆動信号により発振するアクチュエータ106を収容する基台102上の円柱部116と、を有している。また、モジュール体100は、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体100のアクチュエータ106が外部から接触できないように構成されている。これにより、アクチュエータ106を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部116の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0261】図24は、図23に示したモジュール体1

00の分解図である。モジュール体100は、樹脂からなる液体容器取付部101と、プレート110および凹部113を有する圧電装置装着部105(図23参照)とを含む。さらに、モジュール体100は、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106及びフィルム108を有する。好ましくは、プレート110は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

【0262】液体容器取付部101に含まれる円柱部116および基台102は、リードワイヤ104a及び104bを収容できるように中心部に開口部114が形成されると共に、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110を収容できるように開口部114の周囲に凹部113が形成されている。

【0263】アクチュエータ106は、プレート110にフィルム108を介して接合され、プレート110およびアクチュエータ106は凹部113(液体容器取付部101)に固定される。従って、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、液体容器取付部101に一体として取り付けられる。

【0264】リードワイヤ104a及び104bは、それぞれアクチュエータ106の上部電極及び下部電極と結合して、圧電層に駆動信号を伝達する一方、アクチュエータ106が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。

【0265】アクチュエータ106は、リードワイヤ104a及び104bから伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、アクチュエータ106は、発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

【0266】フィルム108は、アクチュエータ106とプレート110とを接着して、アクチュエータを液密にする。フィルム108は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。アクチュエータ106とプレート110とをフィルム108によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるばらつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、アクチュエータ106をプレート110に接着しても、アクチュエータ106の振動特性は変化しない。

【0267】なお、プレート110は円形状であり、基台102の開口部114は円筒状に形成されている。アクチュエータ106及びフィルム108は矩形状に形成されている。リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、基台102に対して着脱可能としてもよい。基台102、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエ

ータ 106、フィルム 108 及びプレート 110 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台 102、アクチュエータ 106、フィルム 108 及びプレート 110 の中心は、モジュール体 100 のほぼ中心軸上に配置されている。

【0268】また、基台 102 の開口部 114 の面積は、アクチュエータ 106 の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート 110 の中心でアクチュエータ 106 の振動部に直面する位置には、貫通孔 112 が形成されている。図 1 および図 2 に示したように、アクチュエータ 106 にはキャビティ 162 が形成されており、貫通孔 112 とキャビティ 162 とが、共にインク溜部を形成する。プレート 110 の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔 112 の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔 112 の深さはその径の 3 分の 1 以下の大きさであることが好ましい。貫通孔 112 は、モジュール体 100 の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また、貫通孔 112 の面積は、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 の開口面積よりも大きい。貫通孔 112 の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体 100 は、貫通孔 112 が容器 1 の内側へ向くように、容器 1 の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、アクチュエータ 106 周辺のインクがなくなると、アクチュエータ 106 の共振周波数が大きく変化することに基いて、インクの水位変化を検出することができる。

【0269】図 25 は、モジュール体の他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態のモジュール体 400 は、液体容器取付部 401 に圧電装置装着部 405 が形成されている。液体容器取付部 401 は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台 402 と、基台 402 上の円柱状の円柱部 403 と、を有している。更に、圧電装置装着部 405 は、円柱部 403 上に立てられた板状要素 406 および凹部 413 を含む。板状要素 406 の側面に設けられた凹部 413 には、アクチュエータ 106 が縦向きに配置されている。なお、板状要素 406 の先端は所定角度に面取りされていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0270】図 26 は、図 25 に示したモジュール体 400 の分解斜視図である。図 23 に示したモジュール体 100 と同様に、モジュール体 400 は、液体容器取付部 401 および圧電装置装着部 405 を含む。液体容器取付部 401 は基台 402 および円柱部 403 を有し、圧電装置装着部 405 は板状要素 406 および凹部 413 を有する。アクチュエータ 106 は、プレート 410 に接合されて凹部 413 に固定される。モジュール体 400 は、リードワイヤ 404 a 及び 404 b、アクチュエータ 106、及びフィルム 408 をさらに有する。

【0271】なお、本実施形態では、プレート 410 は

矩形形状であり、板状要素 406 に設けられた開口部 414 も矩形形状に形成されている。リードワイヤ 404 a 及び 404 b、アクチュエータ 106、フィルム 408、及びプレート 410 は、基台 402 に対して着脱可能として構成しても良い。アクチュエータ 106、フィルム 408 及びプレート 410 は、開口部 414 の中心を通り開口部 414 の平面に対して鉛直方向に延びる中心軸に対して、対称に配置されている。更に、アクチュエータ 406、フィルム 408 及びプレート 410 の中心は、開口部 414 のほぼ中心軸上に配置されている。

【0272】プレート 410 の中心に設けられた貫通孔 412 の面積は、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 の開口の面積よりも大きく形成されている。アクチュエータ 106 のキャビティ 162 と貫通孔 412 とは、共にインク溜部を形成する。プレート 410 の厚さは、貫通孔 412 の径に比べて小さく、例えば貫通孔 412 の径の 3 分の 1 以下の大きさに設定することが好ましい。貫通孔 412 は、モジュール体 400 の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。貫通孔 412 の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体 400 は、貫通孔 412 が容器 1 の内部に配置されるように、容器 1 の底部に装着することができる。アクチュエータ 106 が垂直方向に延びるように容器 1 内に配置されるので、基台 402 の高さを変えてアクチュエータ 106 が容器 1 内に配置される高さを変えることにより、インクエンドの時点の設定を容易に変えることができる。

【0273】図 27 は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図 23 に示したモジュール体 100 と同様に、図 27 のモジュール体 500 は、基台 502 および円柱部 503 を有する液体容器取付部 501 を含む。また、モジュール体 500 は、リードワイヤ 504 a 及び 504 b、アクチュエータ 106、フィルム 508、及びプレート 510 をさらに有する。液体容器取付部 501 に含まれる基台 502 は、リードワイヤ 504 a 及び 504 b を収容できるように中心部に開口部 514 が形成され、アクチュエータ 106、フィルム 508、及びプレート 510 を収容できるように開口部 514 の周囲に凹部 513 が形成される。アクチュエータ 106 は、プレート 510 を介して、圧電装置装着部 505 に固定される。従って、リードワイヤ 504 a 及び 504 b、アクチュエータ 106、フィルム 508 及びプレート 510 は、液体容器取付部 501 に一体として取り付けられる。

【0274】本実施形態のモジュール体 500 は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台 502 上に、上面が上下方向に斜めな円柱部 503 が形成されている。円柱部 503 の上面の上下方向に斜めに設けられた凹部 513 上に、アクチュエータ 106 が配置されている。

【0275】すなわち、モジュール体 500 の先端は傾

斜しており、その傾斜面にアクチュエータ 106 が装着されている。このため、モジュール体 500 が容器 1 の底部又は側部に装着されると、アクチュエータ 106 が容器 1 の上下方向に対して傾斜するように配置される。モジュール体 500 の先端の傾斜角度は、検出性能を鑑みて、ほぼ 30° から 60° の間とすることが望ましい。

【0276】モジュール体 500 は、アクチュエータ 106 が容器 1 内に配置されるように容器 1 の底部又は側部に装着される。モジュール体 500 が容器 1 の側部に装着される場合には、アクチュエータ 106 が、傾斜しつつ、容器 1 の上側、下側、又は横側を向くように容器 1 に取り付けられる。一方、モジュール体 500 が、容器 1 の底部に装着される場合には、アクチュエータ 106 が、傾斜しつつ、容器 1 のインク供給口側を向くように容器 1 に取り付けられることが好ましい。

【0277】図 28 は、図 23 に示したモジュール体 100 を容器 1 に装着したときの、インク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体 100 は、容器 1 の側壁を貫通するように装着されている。容器 1 の側壁とモジュール体 100 との接合面には、リング 365 が設けられ、モジュール体 100 と容器 1 との液密を保っている。このようにリングでシールが出来るために、モジュール体 100 は、図 23 で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

【0278】モジュール体 100 の先端が容器 1 の内部に挿入されることで、プレート 110 の貫通孔 112 を介して、容器 1 内のインクがアクチュエータ 106 と接触する。アクチュエータ 106 の振動部の周囲が液体か気体かによって、アクチュエータ 106 の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体 100 を用いてインクの消費状態を検出することができる。

【0279】また、モジュール体 100 に限らず、図 25 に示したモジュール体 400、図 27 に示したモジュール体 500、又は図 29 及び図 30 に示すモジュール体 700A、700B、750A、及び 750B、及び、モールド構造体 600 を容器 1 に装着して、インクの有無を検出してもよい。

【0280】図 29 は、モジュール体 100 の更に他の実施形態を示す。図 29 (A) のモジュール体 750A は、アクチュエータ 106b と基台部 360 とを有する。モジュール体 750A は、その前面が容器 1 の側壁の内面と略一体となるように、容器 1 に装着されている。アクチュエータ 106b は、圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166、及び振動板 176 を含む。振動板 176 の上面に下部電極 166 が形成されている。下部電極 166 の上面には圧電層 160 が形成され、圧電層 160 の上面に上部電極 164 が形成されている。したがって、圧電層 160 は、上部電極 164 及び下部電極 166 によって上下から挟まれるように形成

されている。圧電層 160、上部電極 164、及び下部電極 166 は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板 176 上に形成されている。圧電素子及び振動板 176 の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器 1 の側壁には貫通孔 385 が設けられている。したがって、インクは容器 1 の貫通孔 385 を介して、振動板 176 と接触する。

【0281】次に図 29 (A) に示したモジュール体 750A の動作について説明する。上部電極 164 及び下部電極 166 は、圧電層 160 に駆動信号を伝達すると共に、圧電層 160 が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層 160 は、上部電極 164 及び下部電極 166 によって伝達された駆動信号により発振し、その後残留振動する。この残留振動により、圧電層 160 は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時点での共振周波数を検出することで、インクの有無を検出できる。

【0282】モジュール体 750A は、アクチュエータ 106b の振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図 29 (A) に示すように、振動板 176 のみが、インク容器 1 内のインクと接触するようになっている。図 29 (A) のモジュール体 750A では、図 23 から図 27 に示したリードワイヤ (104a、104b、404a、404b、504a 及び 504b) の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体 750A の交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ 106b は基台部 360 により保護されているので、アクチュエータ 106b を外部との接触から保護できる。

【0283】図 29 (B) は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図 29 (B) のモジュール体 750B は、アクチュエータ 106b と基台部 360 とを有する。モジュール体 750B は、その前面が容器 1 の側壁の内面と略一体となるように、容器 1 に装着されている。アクチュエータ 106b は、圧電層 160、上部電極 164、下部電極 166、及び振動板 176 を含む。振動板 176 の上面に下部電極 166 が形成されている。下部電極 166 の上面には圧電層 160 が形成され、圧電層 160 の上面に上部電極 164 が形成されている。したがって、圧電層 160 は、上部電極 164 及び下部電極 166 によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層 160、上部電極 164、及び下部電極 166 は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板 176 上に形成されている。圧電素子及び振動板 176 の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器 1 の側壁には薄壁部 380 が設けられている。モジュール体 750B は、アクチュエータ 106b の振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図 29 (B) に示すように、振動板 176 のみが、インク容器

1の薄壁部380と接触するように容器1に装着される。したがって、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。

【0284】次に図29(B)に示したモジュール体750Bの動作について説明する。上部電極164及び下部電極166は、圧電層160に駆動信号を伝達すると共に、圧電層160が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって伝達された駆動信号により発振し、その後共振周期で振動する。振動板176が容器1の薄壁部380と接触しているので、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。薄壁部380の容器1の内面側は、インクと接触するので、アクチュエータ106bが薄壁部380と共に残留振動する際、この残留振動の共振周波数及び振幅は、インク残量により変化する。この残留振動により、圧電層160は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時の共振周波数を検出することにより、インク残量を検出することができる。

【0285】図29(B)のモジュール体750Bでは、図23から図27に示したリードワイヤ(104a、104b、404a、404b、504a及び504b)の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体750Bの交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ106bは基台部360により保護されているので、アクチュエータ106bを外部との接触から保護できる。

【0286】図30(A)は、モジュール体700Bを容器1に装着したときのインク容器の断面図を示す。図30(A)の場合、取付構造体の1つとしてモジュール体700Bを使用する。モジュール体700Bは、その液体容器取付部360が容器1の内部に突出するようにして、容器1に装着されている。取付プレート350に貫通孔370が形成され、貫通孔370とアクチュエータ106bの振動部とが面している。更に、モジュール体700Bの底壁に孔382が形成され、圧電装置装着部363が形成されている。アクチュエータ106bは、孔382を塞ぐようにして配備される。

【0287】したがって、インクは、圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。圧電装置装着部363とアクチュエータ106bとは、取付プレート350及びフィルム部材によって固定されている。また、液体容器取付部360と容器1との接続部には、シーリング構造372が設けられている。シーリング構造372は、合成樹脂等の可塑性の材料により形成されてもよいし、リングにより形成されてもよい。図30(A)のモジ

ジュール体700Bと容器1とは別体であるが、図30(B)に示すように、モジュール体700Bの圧電装置装着部を容器1の一部で構成してもよい。

【0288】図30(A)のモジュール体700Bでは、図23から図27に示したリードワイヤのモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体700Bの交換が可能となり、リサイクルが可能となる。

【0289】インクカートリッジが揺れる際に、インクは容器1の上面あるいは側面に付着し得る。このようなインクは、容器1の上面あるいは側面から垂れてアクチュエータ106bに接触して、アクチュエータ106bを誤作動させる可能性がある。しかし、モジュール体700Bの液体容器取付部360が容器1の内部に突出している場合、容器1の上面や側面から垂れてきたインクによりアクチュエータ106bが誤作動することはない。

【0290】また、図30(A)の例では、振動板176と取付プレート350の一部のみが、容器1内のインクと接触するように容器1に装着される。

【0291】図30(B)は、アクチュエータ106bを容器1に装着したときの他の例についてのインク容器の断面図を示す。図30(B)の例によるインクカートリッジでは、保護部材361が、アクチュエータ106bとは別体として容器1に取り付けられている。従って、保護部材361とアクチュエータ106bとはモジュールとして一体となっていない。しかしながら、保護部材361は、アクチュエータ106bをユーザーの手が触れないように保護することができる。アクチュエータ106bの前面に対応して、容器1の側壁に孔380が配設されている。

【0292】アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、振動板176及び取付プレート350を含んでいる。取付プレート350の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。そして、下部電極166の上面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164及び下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。取付プレート350には、貫通孔370が設けられている。したがって、インクは、容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。また、

図 30 (B) の例では、アクチュエータ 106b は、保護部材 361 により外部との接触から保護されている。

【0293】尚、図 30 (A) および (B) の例におけるアクチュエータ 106b 及び取付プレート 350 は、図 1 の基板 178 を有するアクチュエータ 106 で置換可能である。

【0294】図 30 (C) は、アクチュエータ 106b を含むモールド構造体 600 を備える実施形態を示す。図 30 (c) の例では、取付構造体の 1 つとしてモールド構造体 600 を使用する。モールド構造体 600 は、アクチュエータ 106b とモールド部 364 とを有する。アクチュエータ 106b とモールド部 364 とは、一体に成形されている。モールド部 364 は、シリコン樹脂等の可塑性の材料によって成形される。モールド部 364 は、アクチュエータ 106b 側から延びる 2 本の足を有するように形成されている。モールド部 364 の足部は、内部にリードワイヤ 362 を有する。モールド部 364 は、モールド部 364 と容器 1 とを液密に固定するために、モールド部 364 の 2 本の足の端が容器 1 の外側で半球状に形成されている。モールド部 364 は、アクチュエータ 106b が容器 1 の内部に突出するように容器 1 に装着される。これにより、アクチュエータ 106b の振動部が容器 1 内のインクと接触する。モールド部 364 によって、アクチュエータ 106b の上部電極 164、圧電層 160、及び下部電極 166 が、インクとの接触から保護されている。

【0295】図 30 (C) のモールド構造体 600 は、モールド部 364 と容器 1 との間にシーリング構造 372 を必要としないで、インクが容器 1 から漏れにくい。また、容器 1 の外部からモールド構造体 600 が突出しない形態であるので、アクチュエータ 106b を外部との接触から保護することができる。またモールド構造体 600 は、モールド部 364 が容器 1 の内部に突出しているので、容器 1 の上面や側面から垂れてきたインクにより、アクチュエータ 106b が誤作動することがない。

【0296】図 31 は、図 1 に示したアクチュエータ 106 を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す。複数のインクカートリッジ 180 は、それぞれのインクカートリッジ 180 に対応した複数のインク導入部 182 及びホルダー 184 を有するインクジェット記録装置に装着される。複数のインクカートリッジ 180 は、それぞれ異なった種類、例えば異なった色のインクを収容する。複数のインクカートリッジ 180 のそれぞれの底面には、少なくとも音響インピーダンスを検出する手段であるアクチュエータ 106 が装着されている。アクチュエータ 106 をインクカートリッジ 180 に装着することによって、インクカートリッジ 180 内のインク残量を検出することができる。

【0297】図 32 は、インクジェット記録装置のヘッ

ド部周辺の詳細を示す。インクジェット記録装置は、インク導入部 182、ホルダー 184、ヘッドプレート 186 及びノズルプレート 188 を有する。インクを噴射するノズル 190 が、ノズルプレート 188 に複数形成されている。

【0298】インク導入部 182 は、空気供給口 181 とインク導入口 183 とを有する。空気供給口 181 は、インクカートリッジ 180 に空気を供給する。インク導入口 183 には、インクカートリッジ 180 からインクが導入される。

【0299】インクカートリッジ 180 は、空気導入口 185 とインク供給口 187 とを有する。空気導入口 185 には、インク導入部 182 の空気供給口 181 から空気が導入される。インク供給口 187 は、インク導入部 182 のインク導入口 183 にインクを供給する。インクカートリッジ 180 に空気導入口 185 から空気を導入することによって、インクカートリッジ 180 からインク導入部 182 へのインクの供給が促される。ホルダー 184 は、インクカートリッジ 180 からインク導入部 182 を介して供給されたインクをヘッドプレート 186 に連通するものである。

【0300】図 33 は、図 30 に示したインクカートリッジ 180 の他の実施形態を示す。図 33 (A) のインクカートリッジ 180 A は、上下方向に斜めに形成された底面 194a に、アクチュエータ 106 が装着されている。アクチュエータ 106 が、インク容器 194 の上下方向に対し斜めに装着されているので、インクの掃けが良好になる。

【0301】インクカートリッジ 180 のインク容器 194 の内部には、インク容器 194 の内部底面から所定の高さに、アクチュエータ 106 と直面する位置に防波壁 192 が設けられている。アクチュエータ 106 と防波壁 192 との間には、インクで満たされた間隙が形成される。防波壁 192 とアクチュエータ 106 との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。

【0302】インク容器 194 が横揺れしたときに、インク容器 194 内部にインクの波が発生し、その衝撃によって、気体や気泡がアクチュエータ 106 によって検出されてアクチュエータ 106 が誤作動する可能性がある。しかし、防波壁 192 を設けることによって、アクチュエータ 106 付近のインクの波を防いで、アクチュエータ 106 の誤作動を防ぐことができる。

【0303】図 33 (B) のインクカートリッジ 180 B のアクチュエータ 106 は、インク容器 194 の供給口の側壁に装着されている。インク供給口 187 の近傍であれば、アクチュエータ 106 は、インク容器 194 の側壁又は底面に装着されてもよい。また、アクチュエータ 106 は、インク容器 194 の幅方向の中心に装着されることが好ましい。

【0304】インクは、インク供給口187を通過して外部に供給されるので、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることにより、インクニアエンド時点までインクとアクチュエータ106とが確実に接触する。したがって、アクチュエータ106は、インクニアエンドの時点を確認して検出することができる。

【0305】更に、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることで、インク容器をキャリッジ上のカートリッジホルダに装着する際に、インク容器上のアクチュエータ106とキャリッジ上の接点との位置決めが確実となる。その理由は、インク容器とキャリッジとの連結において最も重要なのは、インク供給口と供給針との確実な結合であるからである。これらの間に少しでもずれがあると、供給針の先端を痛めてしまったりあるいはリングなどのシーリング構造にダメージを与えてしまい、インクが漏れ出してしまふ。このような問題点を防ぐために、通常、インクジェットプリンタは、インク容器をキャリッジにマウントする時に正確な位置合わせができるような特別な構造を有している。従って、供給口近傍にアクチュエータを配置させることにより、アクチュエータの位置合わせをも同時に確実なものとなるのである。さらに、アクチュエータ106をインク容器194の幅方向の中心に装着することで、より確実な位置合わせが実現できる。インク容器が、ホルダへの装着時に、幅方向中心線を中心として軸揺動した場合に、もっともその揺れが少ないからである。

【0306】図34は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図34(A)は、インクカートリッジ180Cの断面図、図34(B)は、図34

(A)に示したインクカートリッジ180Cの側壁194bを拡大した断面図、及び、図34(C)は、その正面からの透視図である。

【0307】インクカートリッジ180Cは、半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが、同一の回路基板610上に形成されている。図34(B)及び図34

(C)に示すように、半導体記憶手段7は回路基板610の上方に形成され、アクチュエータ106は同一の回路基板610において半導体記憶手段7の下方に形成されている。

【0308】アクチュエータ106の周囲を囲むように、異型リング614が、側壁194bに装着される。側壁194bには、回路基板610をインク容器194に接合するためのカシメ部616が複数形成されている。カシメ部616を介して回路基板610をインク容器194に接合し、異型リング614を回路基板610に押しつけることで、アクチュエータ106の振動領域がインクと接触することをできるようにしつつ、インクカートリッジの外部と内部とを液密に保つ。

【0309】半導体記憶手段7及び半導体記憶手段7付近には、端子612が形成されている。端子612は、

半導体記憶手段7とインクジェット記憶装置等の外部との間の信号の受け渡しをする。半導体記憶手段7は、例えばEEPROMなどの書き換え可能な半導体メモリによって構成され得る。半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されているので、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7をインクカートリッジ180Cに取付ける際に1回の取付け工程で済む。また、インクカートリッジ180Cの製造時及びリサイクル時の作業工程が簡素化される。更に、部品の点数が削減されるので、インクカートリッジ180Cの製造コストが低減できる。

【0310】アクチュエータ106は、インク容器194内のインクの消費状態を検知する。半導体記憶手段7は、アクチュエータ106が検出したインク残量などのインクの情報を格納する。また、半導体記憶手段7は、インク残量等を検出する際に用いられるインク及びインクカートリッジの特性等の特性パラメータに関する情報を格納する。

【0311】半導体記憶手段7は、予めインク容器194内のインクがフルの時のすなわちインクがインク容器194内に満たされた時、又は、インクがエンドの時のすなわちインク容器194内のインクが消費された時の共振周波数を、特性パラメータの一つとして格納する。インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器が初めてインクジェット記録装置に装着されたときに格納されてもよい。また、インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器194の製造中に格納されてもよい。

【0312】半導体記憶手段7に予めインク容器194内のインクがフル又はエンドのときの共振周波数を格納し、インクジェット記録装置側で共振周波数のデータを読み出すことにより、インク残量を検出する際のばらつきを補正できる。これにより、インク残量が基準値まで減少したことを正確に検出することができる。

【0313】図35は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図35(A)に示すインクカートリッジ180Dは、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106が装着されている。図15に示した一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106の各々として用いることが好ましい。複数のアクチュエータ106は、上下方向に間隔をおいて、側壁194bに配置されている。複数のアクチュエータ106を上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置することによって、インク残量を段階的に検出することができる。

【0314】図35(B)に示すインクカートリッジ180Eは、インク容器194の側壁194bに上下方向に長いアクチュエータ606が装着されている。上下方向に長いアクチュエータ606によって、インク容器194内のインク残量の変化を連続的に検出することがで

きる。アクチュエータ 606 の長さは、側壁 194b の高さの半分以上の長さを有することが望ましい。図 35 (B) におけるアクチュエータ 606 は、側壁 194b のほぼ上端からほぼ下端までの長さを有している。

【0315】図 35 (C) に示すインクカートリッジ 180F は、図 35 (A) に示したインクカートリッジ 180D と同様に、インク容器 194 の側壁 194b に複数のアクチュエータ 106 が装着されている。また、複数のアクチュエータ 106 の直面に所定の間隔をおいて、上下方向に長い防波壁 192 を備える。図 15 に示した一体成形された複数のアクチュエータ 106 を、これら複数のアクチュエータ 106 の各々として用いることが好ましい。

【0316】アクチュエータ 106 と防波壁 192 との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁 192 とアクチュエータ 106 との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。

【0317】インク容器 194 が横揺れしたときにインク容器 194 内部にインクの波が発生し、その衝撃によって気体や気泡がアクチュエータ 106 によって検出されてしまい、アクチュエータ 106 が誤作動する可能性がある。しかし、図 35 (c) のように防波壁 192 を設けることによって、アクチュエータ 106 付近のインクの波立ちを防いで、アクチュエータ 106 の誤作動を防ぐことができる。また、防波壁 192 は、インクが揺動することで発生した気泡がアクチュエータ 106 に侵入することを防ぐ。

【0318】図 36 は、インクカートリッジ 180 の更に他の実施形態を示す。図 36 (A) のインクカートリッジ 180G は、インク容器 194 の上面 194c から下方に延びる複数の隔壁 212 を有する。それぞれの隔壁 212 の下端とインク容器 194 の底面とは所定の間隔が空けられており、インク容器 194 の底部は連通している。インクカートリッジ 180G は、複数の隔壁 212 のそれぞれによって区画された複数の収容室 213 を有する。複数の収容室 213 の底部は互いに連通する。

【0319】複数の収容室 213 のそれぞれにおいて、インク容器 194 の上面 194c にアクチュエータ 106 が装着されている。図 15 に示した一体成形されたアクチュエータ 106 を、これら複数のアクチュエータ 106 の各々として用いることが好ましい。アクチュエータ 106 は、インク容器 194 の収容室 213 の上面 194c のほぼ中央に配置される。

【0320】収容室 213 の容量は、インク供給口 187 側が最も大きく、インク供給口 187 からインク容器 194 の奥へ遠ざかるにつれて徐々に小さくなっている。したがって、アクチュエータ 106 が配置される間隔も、インク供給口 187 側が広く、インク供給口 18

7 からインク容器 194 の奥へと遠ざかるにつれ、狭くなっている。

【0321】インクはインク供給口 187 から排出され、空気は空気導入口 185 から入る。このため、インク供給口 187 側の収容室 213 のインクから順にインクカートリッジ 180G の奥の方の収容室 213 のインクが消費される。例えば、インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクが消費されて、インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクの水位が下がっている間、他の収容室 213 にはインクが満たされている。インク供給口 187 に最も近い収容室 213 のインクが消費され尽くすと、空気が、インク供給口 187 から数えて 2 番目の収容室 213 に侵入し、2 番目の収容室 213 内のインクが消費され始めて、2 番目の収容室 213 のインクの水位が下がり始める。この時点で、インク供給口 187 から数えて 3 番目以降の収容室 213 には、インクが満たされている。このように、インク供給口 187 に近い収容室 213 から遠い収容室 213 へと順番にインクが消費される。

【0322】このように、アクチュエータ 106 がそれぞれの収容室 213 ごとにインク容器 194 の上面 194c に配置されているので、アクチュエータ 106 はインク量の減少を段階的に検出することができる。更に、収容室 213 の容量が、インク供給口 187 から奥へ向かって徐々に小さくなっているため、アクチュエータ 106 がインク量の減少を検出する時間間隔が徐々に小さくなり、インクエンドに近づくほど頻度を高く検出することができる。

【0323】図 36 (B) のインクカートリッジ 180H は、インク容器 194 の上面 194c から下方に延びる一つの隔壁 212 を有する。隔壁 212 の下端とインク容器 194 の底面とは所定の間隔が空けられており、インク容器 194 の底部は連通している。インクカートリッジ 180H は、隔壁 212 によって区画された 2 室の収容室 213a 及び 213b を有する。収容室 213a 及び 213b の底部は互いに連通する。

【0324】インク供給口 187 側の収容室 213a の容量は、インク供給口 187 から見て奥の方の収容室 213b の容量より大きい。特に、収容室 213b の容量は、収容室 213a の容量の半分より小さいことが好ましい。

【0325】収容室 213b の上面 194c に、アクチュエータ 106 が装着される。更に、収容室 213b には、インクカートリッジ 180H の製造時に入る気泡を捕らえる溝であるバッファ 214 が形成される。図 36 (B) においては、バッファ 214 は、インク容器 194 の側壁 194b から上方に延びる溝として形成されている。バッファ 214 は、インク収容室 213b 内に侵入した気泡を捕らえる。このため、気泡によってアクチュエータ 106 がインクエンドを誤認識することを防止

することができる。

【0326】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0327】図36(C)のインクカートリッジ1801は、図36(B)のインクカートリッジ180Hの収容室213bに、多孔質部材216が充填されたものである。多孔質部材216は、収容室213b内の上面から下面までの全空間を埋めるように設置されており、アクチュエータ106と接触している。

【0328】インク容器が倒れた時やキャリッジ上での往復運動中に、空気がインク収容室213b内に侵入してしまい、これがアクチュエータ106の誤作動を引き起こす可能性がある。しかし、多孔質部材216が備えられていれば、多孔質部材216が空気を捕らえるため、アクチュエータ106と空気が接触することを防ぐことができる。また、多孔質部材216はインクをも保持するので、インク容器が揺れた場合等でも、インクがアクチュエータ106にかかってアクチュエータ106がインク無しをインク有りとは誤検出するのを防ぐことができる。多孔質部材216は、最も容量が小さい収容室213に設置することが好ましい。

【0329】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0330】図36(D)のインクカートリッジ180Jは、図36(C)のインクカートリッジ180Iの多孔質部材216が、孔径の異なる2種類の多孔質部材216A及び216Bによって構成されたものである。多孔質部材216Aが、多孔質部材216Bの上方に配置されている。上側の多孔質部材216Aの孔径は、下側の多孔質部材216Bの孔径より大きい。あるいは、多孔質部材216Aは、多孔質部材216Bよりも液体親和性が低い部材で形成されてもよい。

【0331】孔径の小さい多孔質部材216Bの方が孔径の大きい多孔質部材216Aより毛細管力は大きい

で、収容室213b内のインクは下側の多孔質部材216Bに集まり、保持される。したがって、一度空気がアクチュエータ106まで到達して、アクチュエータ106がインク無しを検出すると、インクが再度アクチュエータに到達してアクチュエータ106がインク有りと検出することが無い。更に、アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216Bにインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。

【0332】なお、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けているため、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対しては、ドットカウンタによって把握した収容室213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0333】図37(A)は、図36(C)に示したインクカートリッジ180Iを变形した実施形態であるインクカートリッジ180Kを示す断面図である。図37(A)に示すインクカートリッジ180Kの多孔質部材216の下部は、インク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、水平方向の断面積及び孔径が小さくなるように設計されている。図37

(A)に示すように、インクカートリッジ180Kは、多孔質部材216の下部をその孔径が小さくなるように圧縮するために側壁にリブが設けられている。多孔質部材216下部の孔径は、圧縮されることにより小さくなっているため、インクは多孔質部材216下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い多孔質部材216下部にインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180K上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106がインク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0334】一方、図37(B)及び図37(C)のインクカートリッジ180Lは、多孔質部材216の下部が、インク容器194の幅方向においてインク容器194の底面にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、水平方向の断面積及び孔径がインク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなっている。多孔質部材216下部の孔径は、圧縮されることにより小さくなっているため、インクは多孔質部材216の下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い多孔質部材

216Bの下部にインクが吸収されるため、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良い。このため、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180Lの上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106がインク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0335】図38(A)は、アクチュエータ106を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図38(A)のインクカートリッジ220Aは、インクカートリッジ220Aの上面から下方へと延びるように設けられた第1の隔壁222を有する。第1の隔壁222の下端とインクカートリッジ220Aの底面との間には所定の間隔が空けられており、インクは、インクカートリッジ220Aの底面を通じてインク供給口230へ流入できるようになっている。第1の隔壁222に対するインク供給口230側には、インクカートリッジ220Aの底面より上方に延びるように第2の隔壁224が形成されている。第2の隔壁224の上端とインクカートリッジ220A上面との間には所定の間隔が空けられており、インクは、インクカートリッジ220Aの上面を通じてインク供給口230へ流入できるようになっている。

【0336】第1の隔壁222によって、インク供給口230から見て第1の隔壁222の奥の方に第1の収容室225aが形成される。一方、第2の隔壁224によって、インク供給口230から見て第2の隔壁224の手前側に第2の収容室225bが形成される。第1の収容室225aの容量は、第2の収容室225bの容量より大きい。第1の隔壁222及び第2の隔壁224の間には、毛管現象を起こせるだけの間隔が空けられる、すなわち、毛管路227が形成される。したがって、第1の収容室225aのインクは、毛管路227の毛細管力により毛管路227に集められる。このため、気体や気泡が第2の収容室225bへ混入することを防止することができる。また、第2の収容室225b内のインクの水位は、安定的に徐々に下降できる。インク供給口230から見て、第1の収容室225aは第2の収容室225bより奥に形成されているので、第1の収容室225aのインクが消費された後で、第2の収容室225bのインクが消費される。

【0337】そして、インクカートリッジ220Aのインク供給口230側の側壁、すなわち、第2の収容室225bのインク供給口230側の側壁に、アクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106は、第2の収容室225b内のインクの消費状態を検知する。アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着することによって、インクエンドにより近い時点でのインク残量を安定的に検出することができる。更

に、アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着する高さを変えることにより、どの時点でのインク残量をインクエンドとするかを、自由に設定することができる。

【0338】毛管路227を介して第1の収容室225aから第2の収容室225bへインクが供給されるため、アクチュエータ106は、インクカートリッジ220Aの横揺れによるインクの横揺れの影響を受け難い。従って、アクチュエータ106はインク残量をより確実に測定できる。更に、毛管路227がインクを保持するので、インクが第2の収容室225bから第1の収容室225aへ逆流することが防止される。

【0339】また、インクカートリッジ220Aの上面には、逆止弁228が設けられている。逆止弁228は、インクカートリッジ220Aが横揺れしたときに、インクがインクカートリッジ220A外部に漏れることを防ぐ。更に、逆止弁228をインクカートリッジ220Aの上面に設置することで、インクのインクカートリッジ220Aからの蒸発をも防ぐことができる。インクカートリッジ220A内のインクが消費されて、インクカートリッジ220A内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、逆止弁228が開いて、インクカートリッジ220Aに空気を吸入する。これにより、インクカートリッジ220A内の圧力が略一定に保持される。

【0340】図38(C)及び(D)は、逆止弁228の詳細の断面を示す図である。図38(C)の逆止弁228は、ゴムにより形成された羽根232aを有する弁232を有する。羽根232aは、インクカートリッジ220の外部との通気孔233と対向している。羽根232aの変形によって、通気孔233が開閉される。すなわち、インクカートリッジ220内のインクが減少し、インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、羽根232aがインクカートリッジ220の内側に変形して(開いて)、外部の空気がインクカートリッジ220内に取り入れられる。

【0341】図38(D)の逆止弁228は、ゴムにより形成された弁232とバネ235とを有する。インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、弁232がバネ235に抗して(押圧して)下降し(開いて)、外部の空気がインクカートリッジ220内に吸入される。

【0342】一方、図38(B)に示すインクカートリッジ220Bは、図38(A)のインクカートリッジ220Aにおいて、逆止弁228を設ける代わりに、第1の収容室225aに多孔質部材242を配置したものである。多孔質部材242は、インクカートリッジ220B内のインクを保持すると共に、インクカートリッジ220Bが横揺れしたときにインクがインクカートリッジ220Bの外部へ漏れことを防ぐ。

【0343】以上、キャリッジ及びキャリッジに装着さ

れるキャリッジと別体のインクカートリッジに対して、当該インクカートリッジ又はキャリッジにアクチュエータ 106 を装着する場合について説明した。しかしながら、キャリッジと一体化され、キャリッジと共にインクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。更に、キャリッジと別体の、チューブ等を介してキャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。また、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成された部材のインクカートリッジ相当部分に、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【0344】なお、記録装置制御部 2000、2002、2004、2006、それらの各要素及び制御装置 840c (図 10 参照) は、コンピュータシステムによって構成され得る。ここで、コンピュータシステムにこれらの各要素を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体 201 (図 5 参照) も、本件の保護対象である。

【0345】さらに、前記の各要素が、コンピュータシステム上で動作する OS 等のプログラムによって実現される場合、当該 OS 等のプログラムを制御する各種命令を含むプログラム及び当該プログラムを記録した記録媒体 202 も、本件の保護対象である。

【0346】ここで、記録媒体 201、202 とは、フロッピーディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0347】なお、液体の例としては、インクの他に、グルー、マニキュア等が用いられ得る。

【0348】以上、本発明を複数の実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0349】

【発明の効果】本発明によれば、デジタル信号生成回路部が逆起電力信号に基づくデジタル信号を生成し、検出回路部は当該デジタル信号に基づいて液体消費状態を検出するため、検出回路部における信号処理はデジタル処理となつて、ノイズによる影響を受けにくい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】アクチュエータ 106 の詳細を示す図である。

【図 2】アクチュエータ 106 の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図 3】インクの密度とアクチュエータ 106 によって検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

【図 4】アクチュエータ 106 の逆起電力波形を示す図である。

【図 5】アクチュエータ 106 が音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器 1 内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御する記録装置制御部 2000 の構成を示す図である。

【図 6】他の実施の形態の記録装置制御部 2002 を示すブロック図である。

【図 7】図 5 に示した記録装置制御部 2000 の更に他の実施の形態を示す図である。

【図 8】図 7 に示した記録装置制御部 2004 の更に他の実施の形態を示す図である。

【図 9】図 8 に示した記録装置制御部 2006 の動作手順を示すフローチャートである。

【図 10】測定回路部 800 の回路構成を示す図である。

【図 11】測定回路部 800 の回路構成の他の例を示す図である。

【図 12】ノイズ影響判別部 880 の動作手順を示すフローチャートである。

【図 13】検出回路部 1100 の回路構成を示す図である。

【図 14】図 13 に示した液体有無判定部 1000 の詳細な回路構成を示す図である。

【図 15】アクチュエータ 106 の他の実施形態を示す図である。

【図 16】図 15 に示したアクチュエータ 106 の一部分の断面を示す図である。

【図 17】図 16 に示したアクチュエータ 106 の全体の断面を示す図である。

【図 18】図 15 に示したアクチュエータ 106 の製造方法を示す図である。

【図 19】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図 20】貫通孔 1c の他の実施形態を示す図である。

【図 21】アクチュエータ 660 の他の実施形態を示す図である。

【図 22】アクチュエータ 670 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 23】モジュール体 100 を示す斜視図である。

【図 24】図 23 に示したモジュール体 100 の構成を示す分解図である。

【図 25】モジュール体 100 の他の実施形態を示す図である。

【図 26】図 25 に示したモジュール体 400 の構成を示す分解図である。

【図 27】モジュール体 100 の更に他の実施形態を示す図である。

【図 28】図 23 に示したモジュール体 100 をインク容器 1 に装着した断面の例を示す図である。

【図 29】モジュール体 100 の更に他の実施形態を示す図である。

す図である。

【図30】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図31】図1および図2に示したアクチュエータ106を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す図である。

【図32】インクジェット記録装置の詳細を示す図である。

【図33】図32に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

【図34】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図35】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図36】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図37】図36(C)に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

【図38】モジュール体100を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

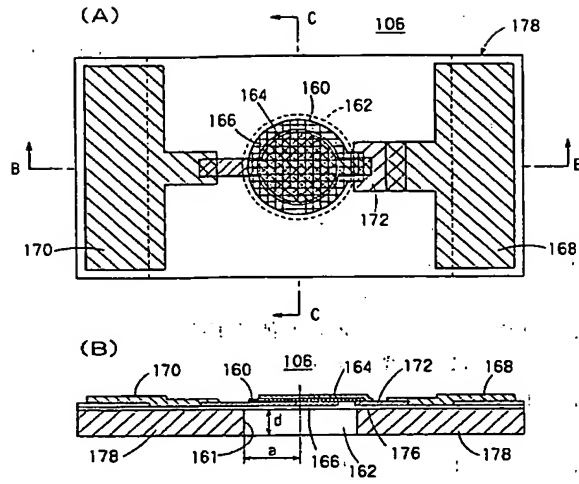
1 容器
1a 底面
1b 側壁
1c、40a 貫通孔
1d 側面
1e、1f 段差部
1g、1h 溝
2 インク供給口
40、41 グリーンシート
42、44 導電層
44' 接続部
47、48 スペーサ部材
67 板材
68 フロート
71 接着剤層
78、80、178 基板
73、82、圧電振動板
74、75 インク吸収体
76 パッキン
77 カシメ孔
81 凹部
100、400、500、700 モジュール体
101、401、501 液体容器取付部
102 基台
104、362 リードワイヤ
105、405、505 圧電装置装着部
106、106b、650、660、670 アクチュエータ
108 フィルム

110 プレート
112、412、370 貫通孔
113 凹部
114 開口部
116 円柱部
160 圧電層
162 キャビティ
164 上部電極
166 下部電極
10 168 上部電極端子
170 下部電極端子
172 補助電極
174 圧電素子
176 振動板
180 インクカートリッジ
181 空気供給口
182 インク導入部
183 インク導入口
184 ホルダー
20 185 空気導入口
186 ヘッドプレート
187 インク供給口
188 ノズルプレート
190 ノズル
192 防波壁
194 インク容器
194a 底面
194b 側壁
194c 上面
30 212 隔壁
213、213a、213b 収容室
214 バッファ
216、216a、216b 多孔質部材
220 インクカートリッジ
222 第1の隔壁
224 第2の隔壁
225a 第1の収容室
225b 第2の収容室
227 毛管路
40 228 逆止弁
230 インク供給口
232 弁
232a 羽根
233 通気孔
235 バネ
242 多孔質部材
250 キャリッジ
252 記録ヘッド
254 インク供給針
50 256 サブタンクユニット

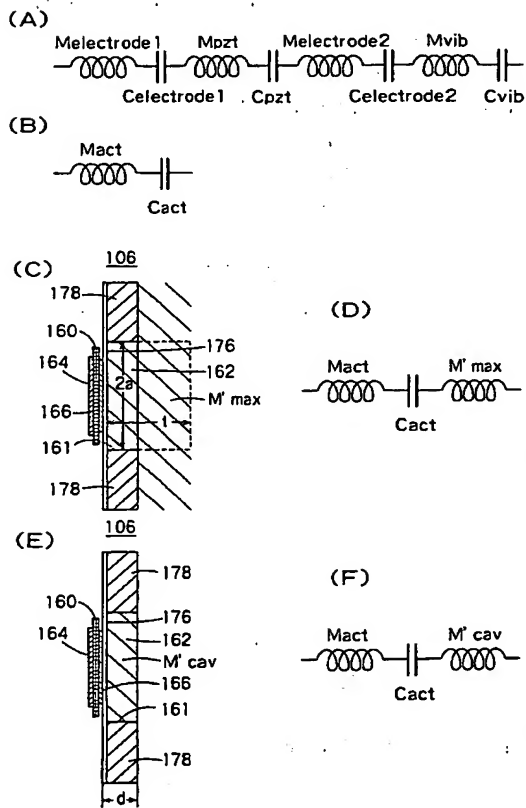
258、258' 凸部
 260、260' 弾性波発生手段
 262 インク室
 266 膜弁
 270 弁体
 272 インクカートリッジ
 274 容器
 274a 底面
 274b 側面
 276 インク供給口
 278 凹部
 280、280' ゲル化材
 282 バッキン
 284 バネ
 286 弁体
 288 半導体記憶手段
 290 容器
 290a 底面
 292、294、296 インク室
 298、300、302 インク供給口
 304、306、308 ゲル化材
 310、312、314 凹部
 316 板材
 318 フロート
 350 取付プレート
 360 液体容器取付部
 364 モールド部
 372 シーリング構造
 402、502 基台
 403、503 円柱部
 404、504 リードワイヤ
 408、508 フィルム
 410、510 プレート
 413、513 凹部
 414、514 開口部
 600 モールド構造体
 606 アクチュエータ
 610 回路基板
 612 端子
 800、800A、800B、800C 測定回路部
 810 NPN型トランジスタ
 812 PNP型トランジスタ
 816 基準電位生成部
 817、818、820、828、830、832 抵抗
 822、826 コンデンサ

824 ハイパスフィルタ
 834、840、842、844、846 端子
 836 比較器
 840c 制御装置
 850、850A、850B、850C 駆動電圧生成部
 860 増幅部
 880 ノイズ影響判別部
 900、902 デジタル回路部
 910、918 フリップフロップ
 912、920 カウンタ
 914、916 NANDゲート
 1000、1002 液体有無判定部
 1010 液体消費状態補正部
 1011 上限値レジスタ
 1012 下限値レジスタ
 1014、1016 比較部
 1018 ANDゲート
 1020、1022 端子
 1100、1102、1104 検出回路部
 1200、1202、1210 液体消費状態検出部
 1300 ヘッド部
 1400 制御部
 1402 記録装置動作制御部
 1404 提示処理部
 1406 印刷動作制御部
 1408 インク補充処理部
 1410 カートリッジ交換処理部
 1412 印刷データ記憶処理部
 1414 印字データ記憶部
 1416 ディスプレイ
 1418 スピーカ
 1420 印刷動作部
 1422 インク補充装置
 1424 カートリッジ交換装置
 1432 クリーニング駆動部
 1434 ポンプ
 1436 クリーニング部
 1440 ヘッド駆動部
 1442 クリーニング制御部
 1444 情報記憶制御回路部
 1450 液体吐出カウンタ
 1452 液体消費量補正部
 1500、1502、1506 制御回路部
 2000、2002、2004、2006 記録装置制御部

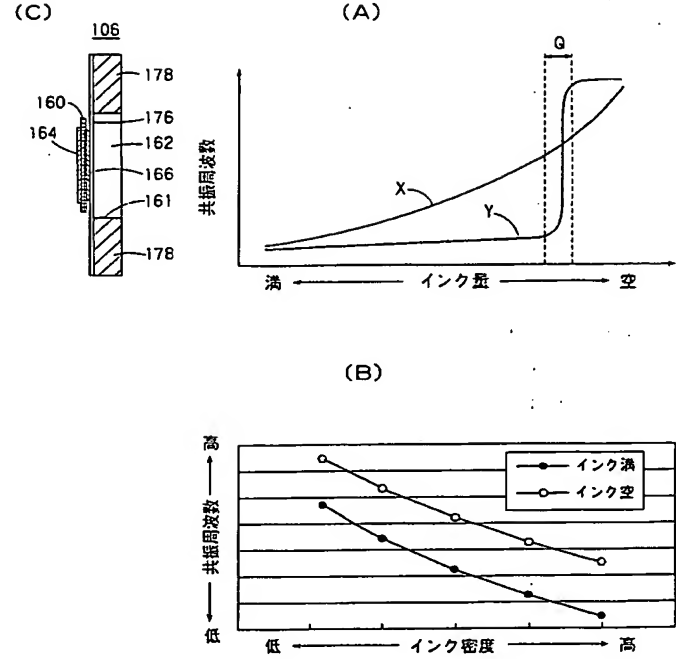
【図1】



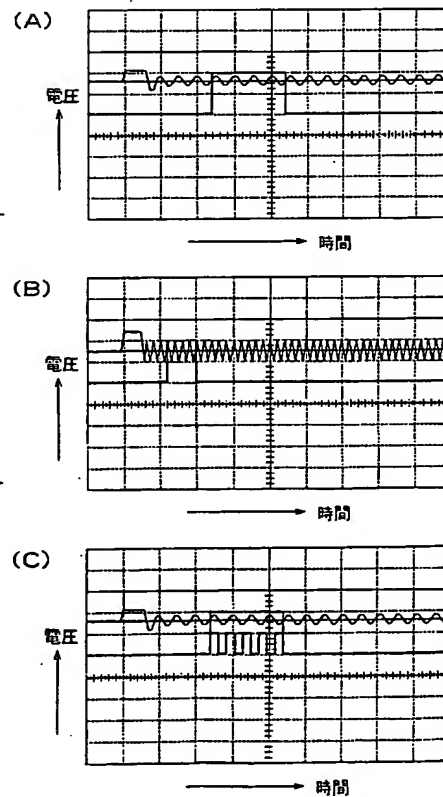
【図2】



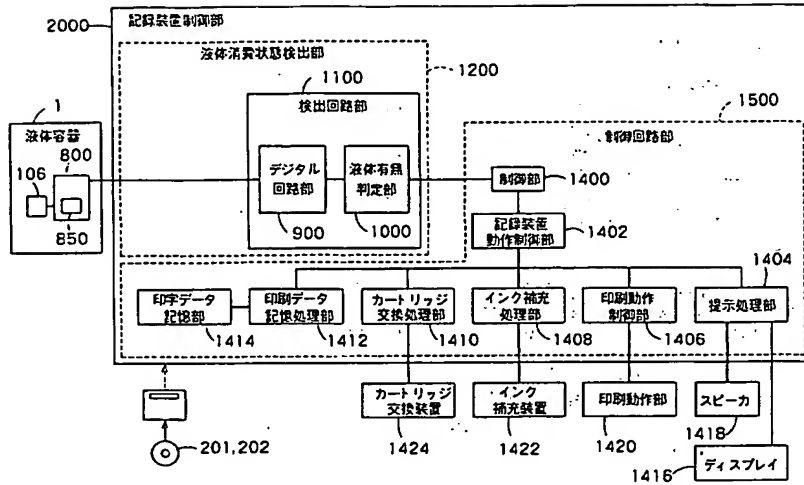
【図3】



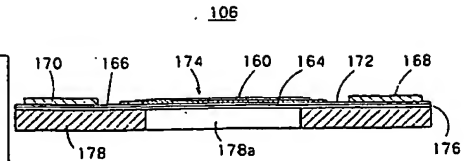
【図4】



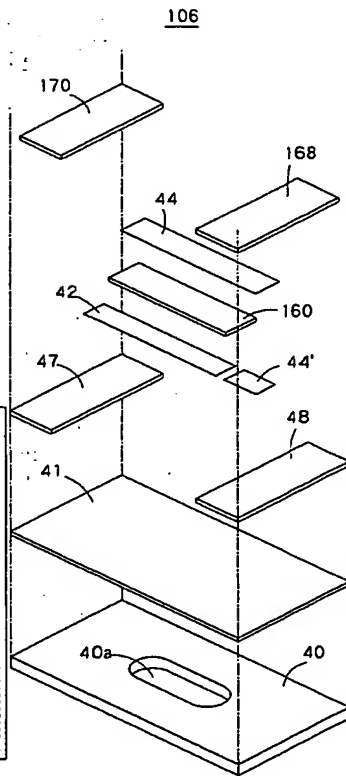
【図 5】



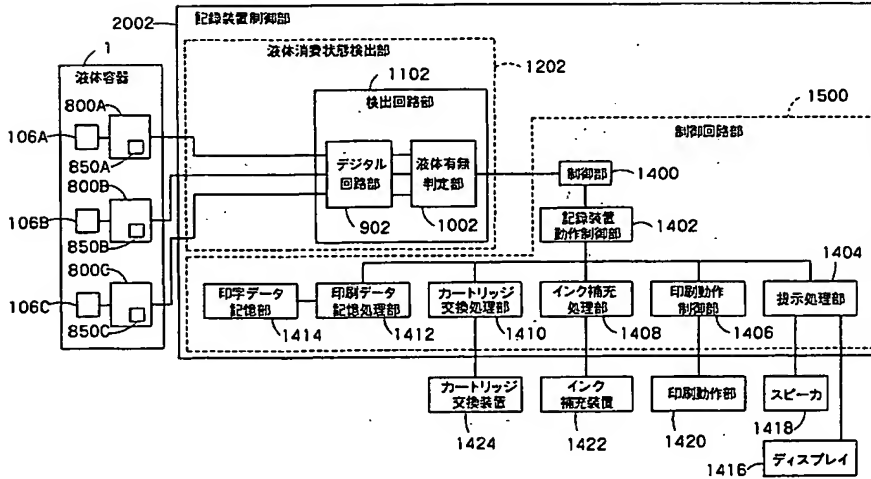
【図 17】



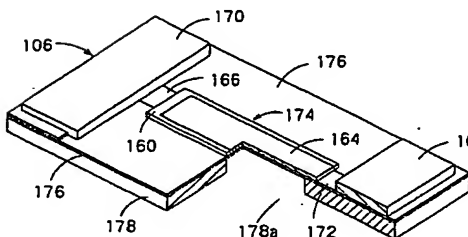
【図 18】



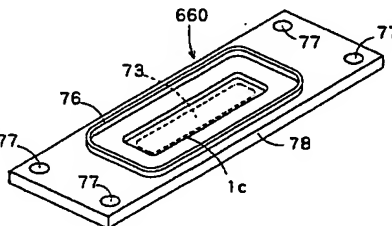
【図 6】



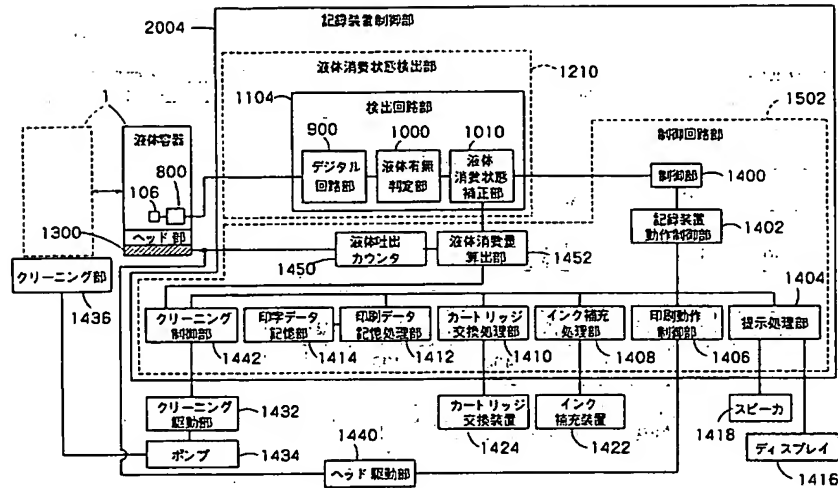
【図 16】



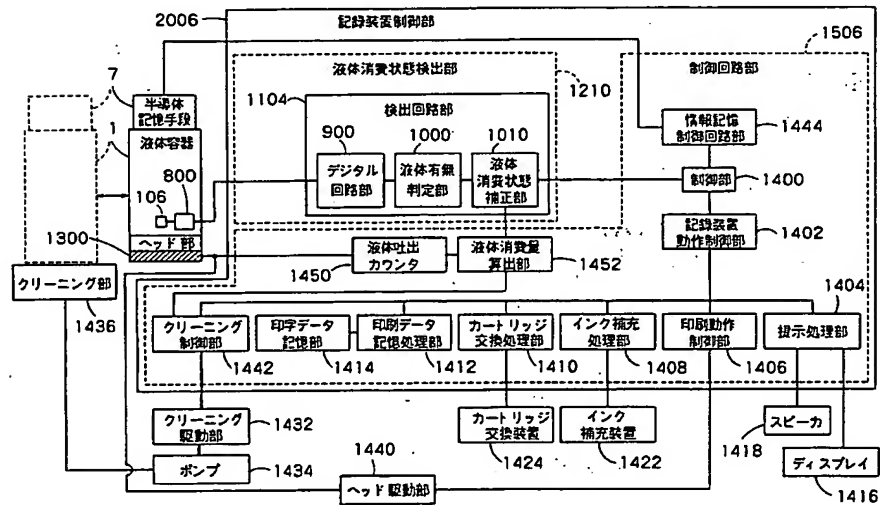
【図 21】



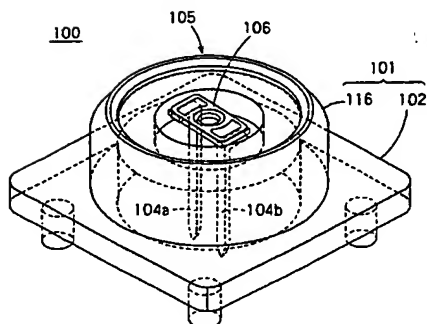
【図7】



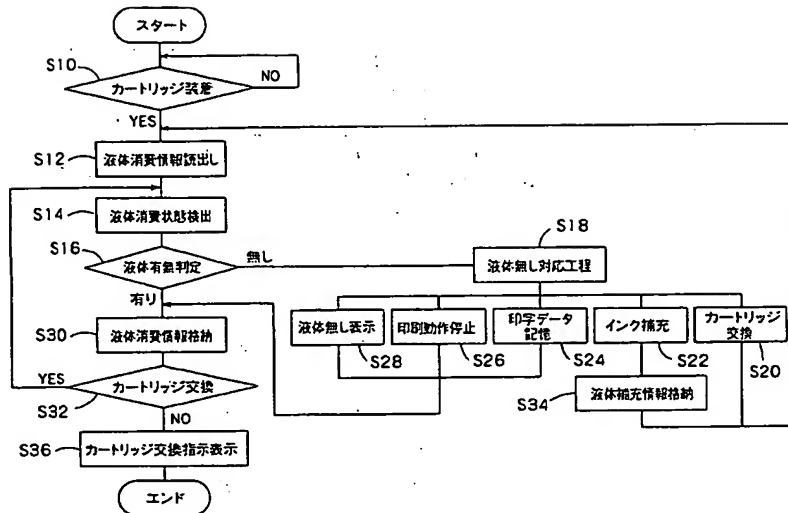
【図8】



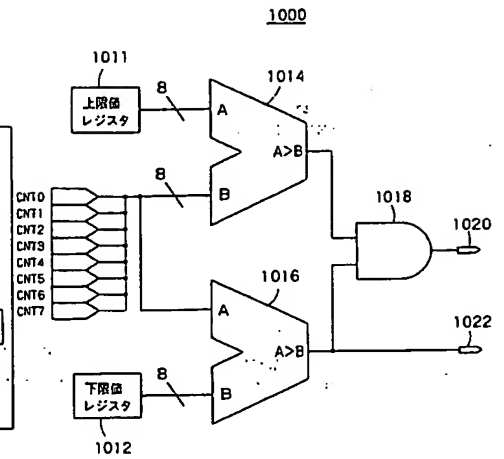
【図23】



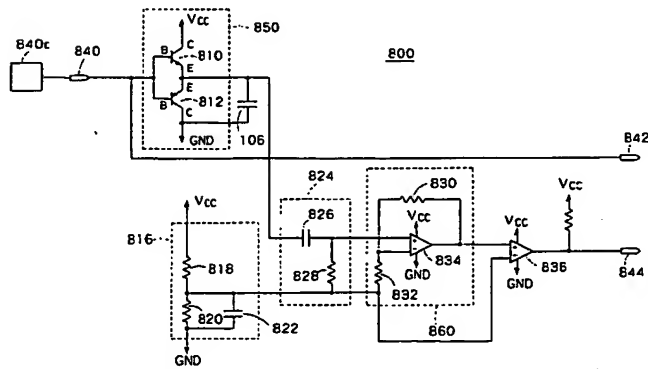
【図9】



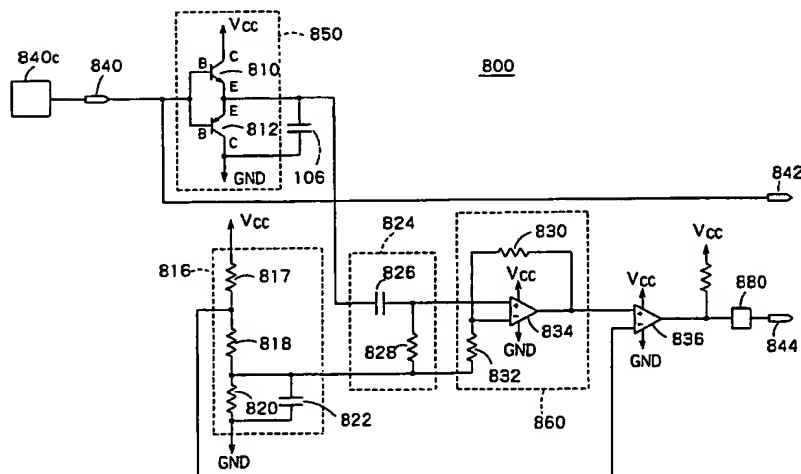
【図14】



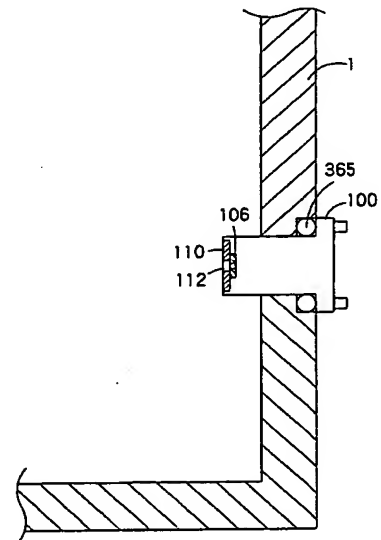
【図10】



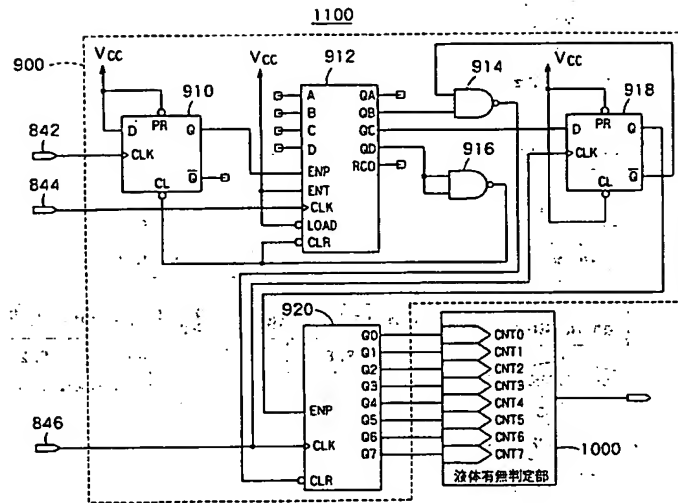
【図11】



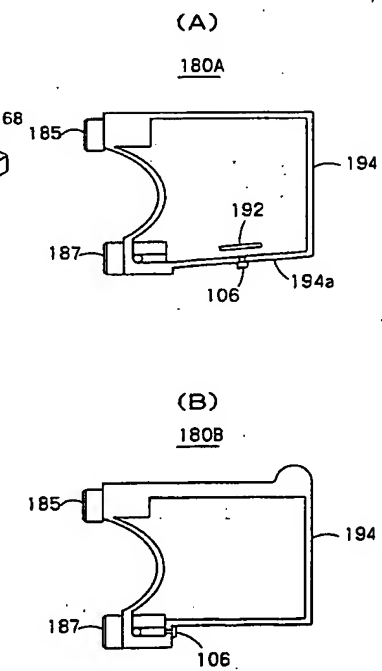
【図28】



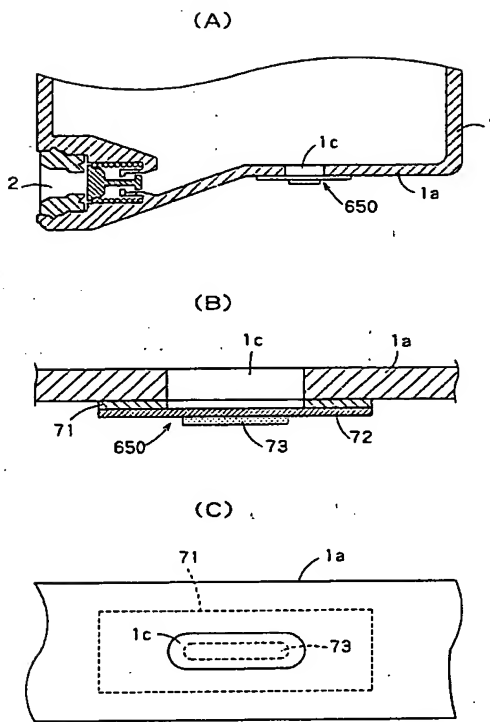
【圖 13】



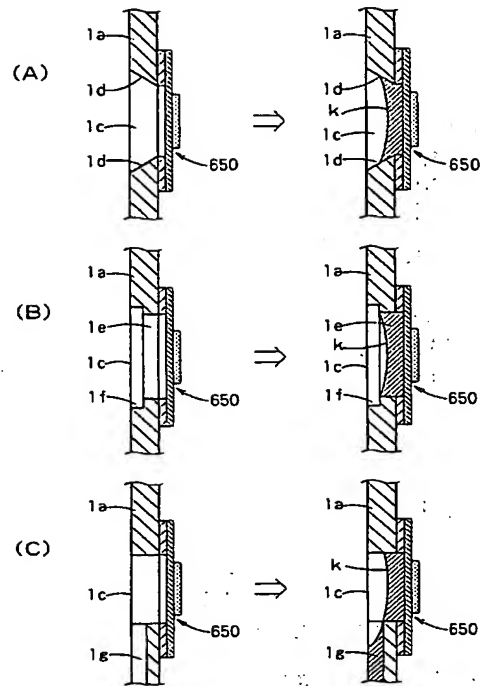
【图 3 3】



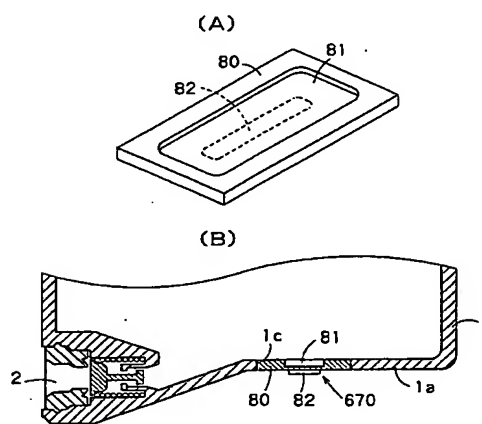
【図19】



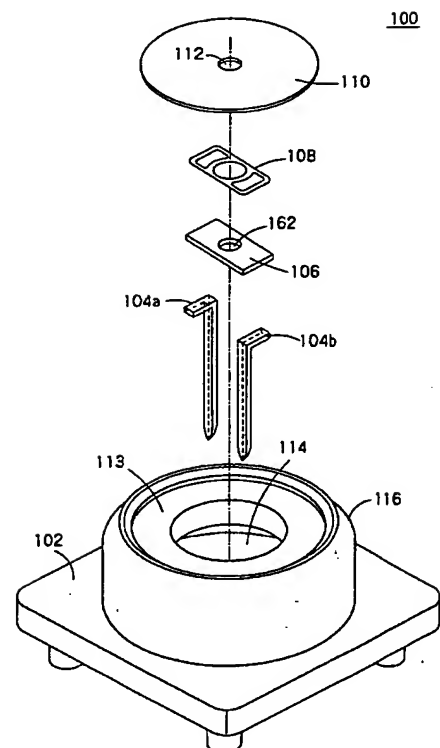
【図20】



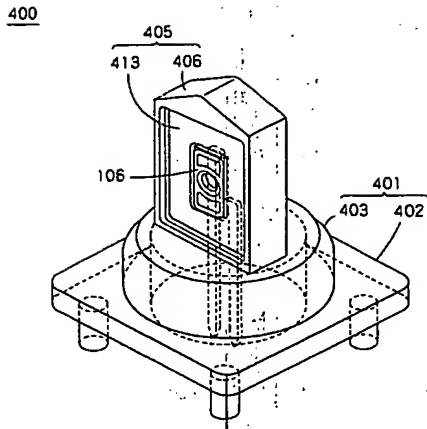
【図22】



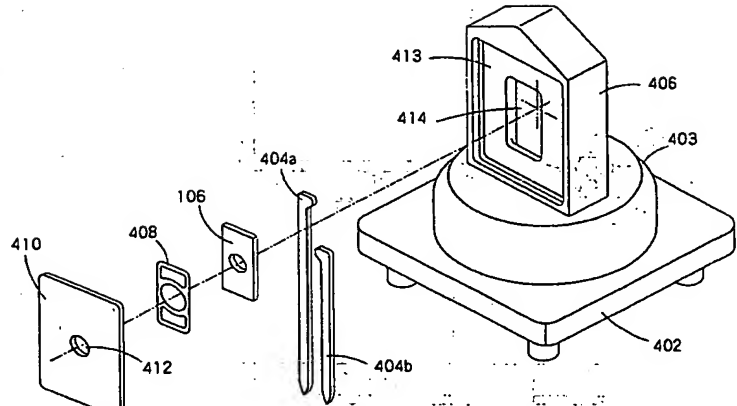
【図24】



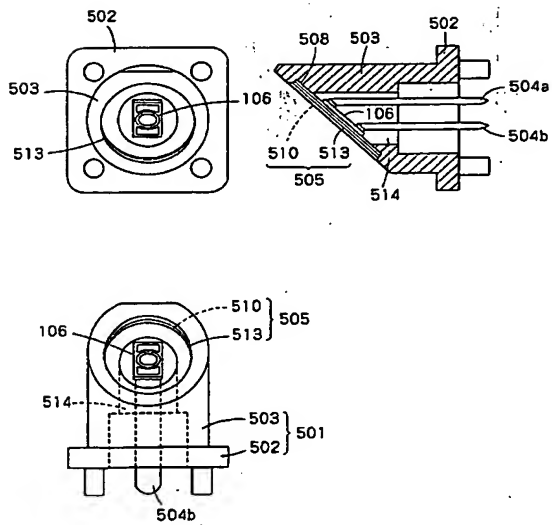
【図25】



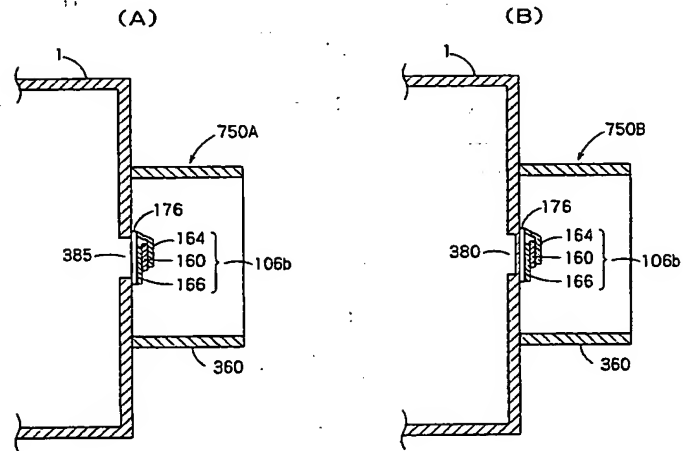
【図26】



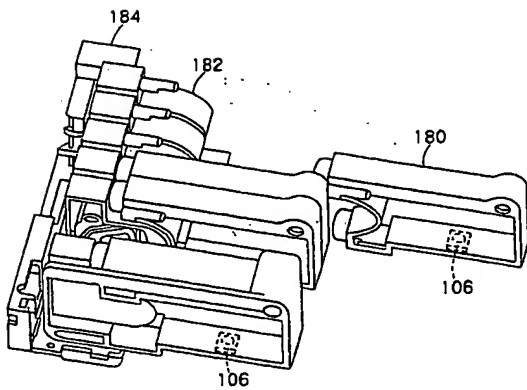
【図27】



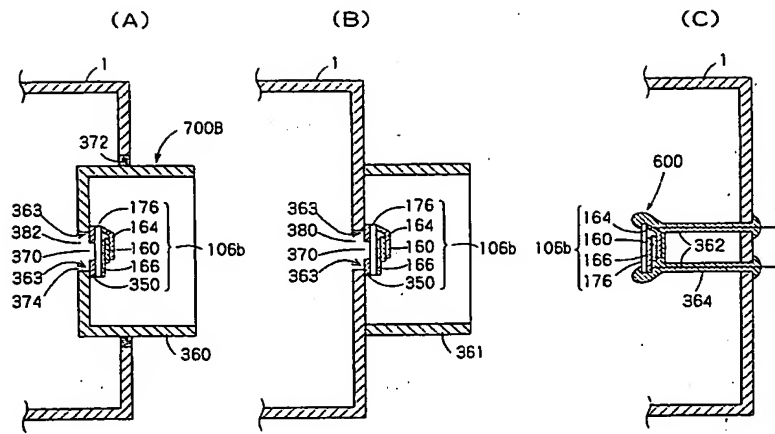
【図29】



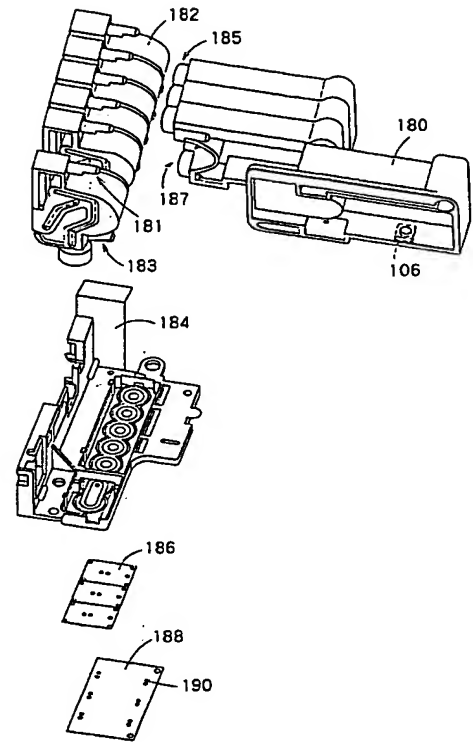
【図31】



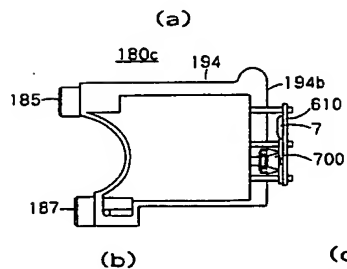
【図 30】



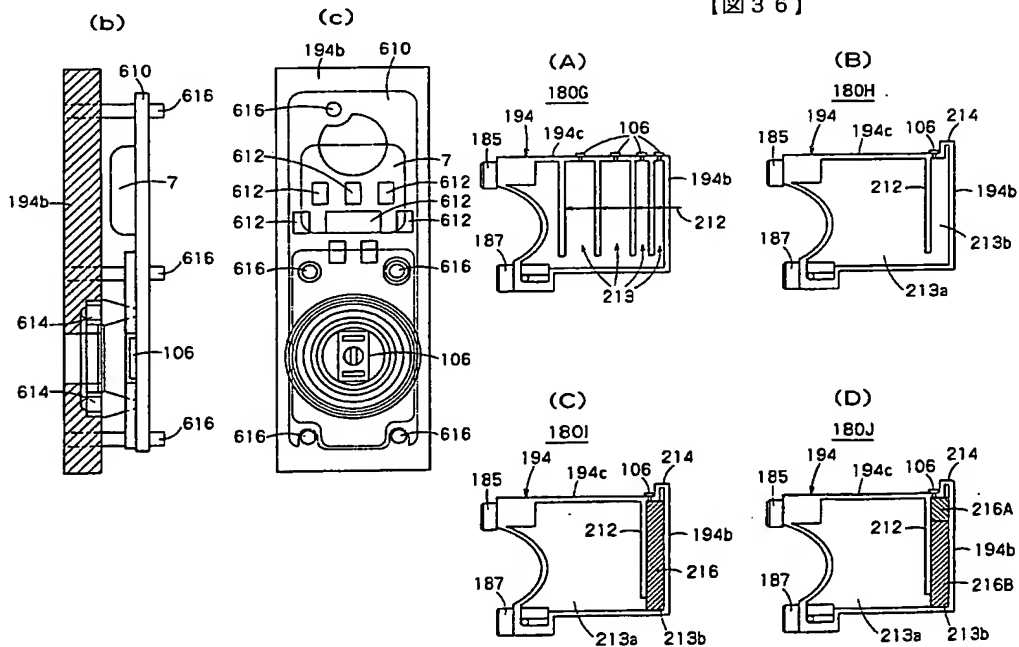
【図 32】



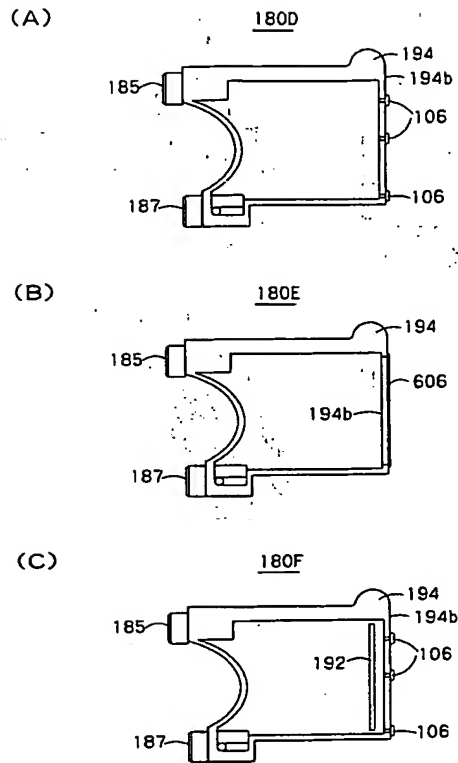
【図 34】



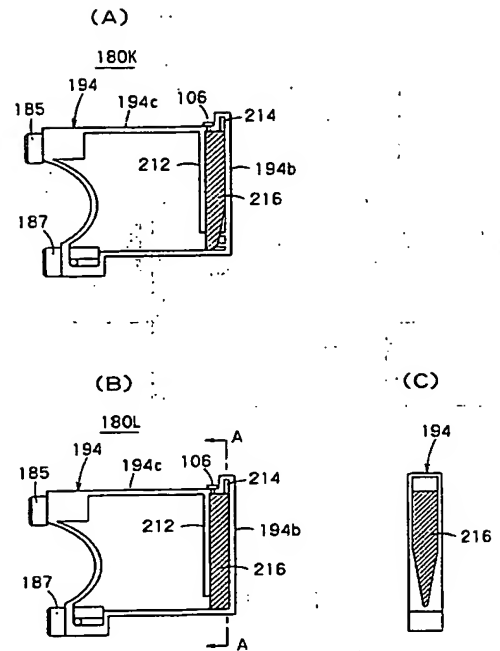
【図 36】



【図35】



【図37】



【図 38】

